



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
22.01.2020 Bulletin 2020/04

(51) Int Cl.:
G04B 11/00 (2006.01) G04B 19/02 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18184528.0**

(22) Date de dépôt: **19.07.2018**

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

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

(72) Inventeur: **HIDE, James**
1228 PLAN-LES-OUATES (CH)

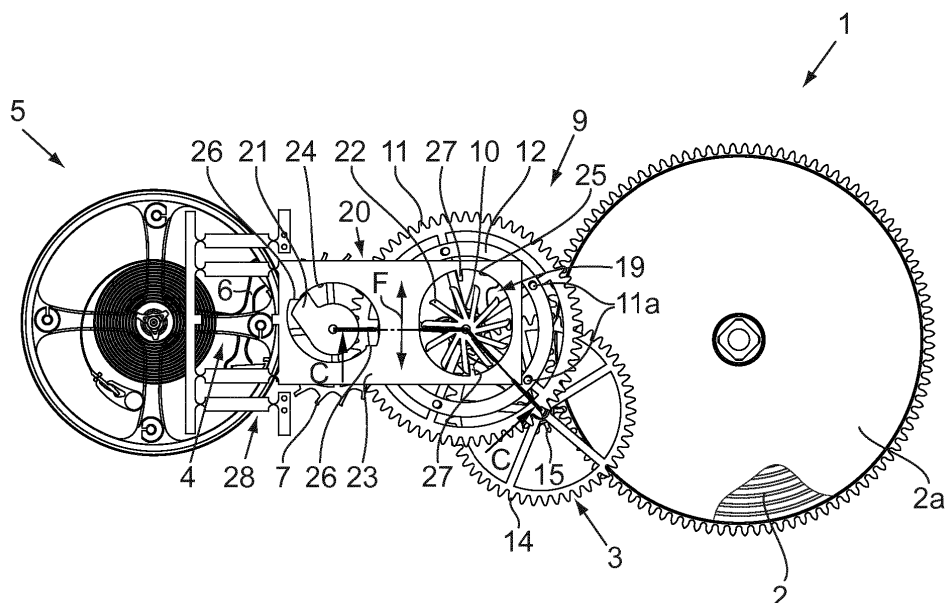
(74) Mandataire: **Micheli & Cie SA**
Rue de Genève 122
Case Postale 61
1226 Genève-Thônex (CH)

(54) **MECANISME HORLOGER A DISPOSITIF A FORCE CONSTANTE**

(57) Le mécanisme horloger (1) selon l'invention comprend un organe moteur (2), un oscillateur (5), un échappement (4) pour entretenir les oscillations de l'oscillateur (5), un ressort intermédiaire (19) pour alimenter l'échappement (4) en énergie mécanique, un ou plusieurs engrenages (2a, 3, 10) entre l'organe moteur (2) et le ressort intermédiaire (19) et un dispositif de blocage (20) permettant un armage périodique du ressort intermédiaire (19) par l'organe moteur (2) via le ou les engre-

nages (2a, 3, 10). Le ressort intermédiaire (19) est un ressort à comportement non linéaire qui produit, entre un angle d'armage θ_a et un angle d'armage θ_b séparés d'au moins 10° , un moment de rappel élastique qui ne varie pas de plus de 10%. Le ressort intermédiaire (19) est pré-armé d'une valeur θ_{arm} incluse dans la plage $[\theta_a, \theta_b]$. Le mécanisme horloger (1) est en outre agencé pour que, pendant son fonctionnement, l'angle d'armage du ressort intermédiaire (19) reste dans la plage $[\theta_a, \theta_b]$.

Fig.1



Description

[0001] La présente invention concerne un mécanisme horloger, notamment pour montre-bracelet ou montre de poche, dans lequel l'échappement est alimenté par un dispositif dit à force constante.

[0002] Les dispositifs à force constante, appelés également remontoirs d'égalité, comprennent généralement, entre l'organe moteur (ressort de barillet) de la montre et la roue d'échappement, un ressort intermédiaire en spirale qui est armé périodiquement par l'organe moteur et qui entraîne la roue d'échappement. Des exemples de tels dispositifs sont le remontoir d'égalité de Gafner ou le dispositif à force constante décrit dans le document EP 2166419. Ces dispositifs permettent de transmettre à la roue d'échappement une force qui ne dépend pas du degré d'armage de l'organe moteur et d'éviter ainsi que la force reçue par l'échappement et donc par l'oscillateur diminue à mesure que l'organe moteur se désarme.

[0003] D'autres types de ressort intermédiaire que des ressorts en spirale ont aussi été proposés. Dans la demande de brevet CH 709914, le ressort intermédiaire est sous la forme de bras élastiques sinueux qui relient un pignon à une serge dentée, l'ensemble pignon - bras élastiques - serge constituant une roue d'échappement flexible monobloc. Dans la demande de brevet CH 704147, il est proposé un mobile de transmission d'énergie monobloc comprenant des bras élastiques rectilignes pouvant servir de ressort intermédiaire pour un dispositif à force constante.

[0004] Dans tous ces dispositifs dits à force constante, la force délivrée à l'échappement n'est en fait pas constante. C'est la quantité d'énergie fournie à l'échappement entre deux armages successifs du ressort intermédiaire qui est constante. La force, elle, diminue entre deux armages successifs du ressort intermédiaire. La régularité des oscillations de l'oscillateur est certes bien améliorée avec de tels dispositifs, mais elle reste perturbée.

[0005] La présente invention vise à fournir un mécanisme horloger à dispositif à force constante qui atténue cet inconvénient.

[0006] A cette fin, il est prévu un mécanisme horloger comprenant un organe moteur, un oscillateur, un échappement pour entretenir les oscillations de l'oscillateur, un ressort intermédiaire pour alimenter l'échappement en énergie mécanique, un ou plusieurs engrenages entre l'organe moteur et le ressort intermédiaire et un dispositif de blocage permettant un armage périodique du ressort intermédiaire par l'organe moteur via le ou les engrenages, caractérisé en ce que le ressort intermédiaire est un ressort à comportement non linéaire qui produit, entre un angle d'armage θ_a et un angle d'armage θ_b séparés d'au moins 10° , un moment de rappel élastique qui ne varie pas de plus de 10%, et en ce que le ressort intermédiaire est pré-armé d'une valeur θ_{arm} incluse dans la plage $[\theta_a, \theta_b]$, le mécanisme horloger étant agencé pour que, pendant son fonctionnement, l'angle d'armage du ressort intermédiaire reste dans la plage $[\theta_a, \theta_b]$.

[0007] La présente invention propose également une pièce d'horlogerie, telle qu'une montre-bracelet ou une montre de poche, comprenant ce mécanisme horloger.

[0008] Les ressorts intermédiaires des dispositifs à force constante connus, qu'ils soient sous la forme d'une spirale, de bras élastiques sinueux tels que décrits dans CH 709914 ou de bras élastiques rectilignes tels que décrits dans CH 704147, produisent tous un moment de rappel élastique qui varie grandement, le plus souvent linéairement, en fonction de l'angle d'armage. A moins de choisir une très grande fréquence d'armage (très petite durée entre deux armages), la variation du moment de rappel élastique sera importante et l'effet sera perceptible au niveau de l'oscillateur. Dans la présente invention, on utilise un ressort intermédiaire dont la courbe du moment de rappel élastique en fonction de l'angle d'armage est non linéaire et présente un plateau, la plage d'angles d'armage correspondant à ce plateau étant ou incluant la plage de fonctionnement du ressort intermédiaire dans le mécanisme horloger. Ainsi, la force délivrée à l'échappement est réellement sensiblement constante, à la différence des dispositifs dits à force constante de l'état de la technique.

[0009] 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 :

- la figure 1 est une vue de dessus d'un mécanisme horloger à dispositif à force constante selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue en coupe d'une partie du mécanisme horloger, prise suivant la ligne brisée C-C de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue de dessus d'un organe de liaison à ressort dit intermédiaire faisant partie du dispositif à force constante ;
- la figure 4 est une représentation graphique schématique illustrant l'allure de la courbe d'évolution du moment de rappel élastique exercé par le ressort intermédiaire dans l'organe de liaison ;
- la figure 5 représente les coordonnées de points définissant une forme particulière de bras élastique pour le ressort intermédiaire ;
- la figure 6 est une représentation graphique du moment de rappel élastique exercé par le ressort intermédiaire dans l'organe de liaison comprenant des bras élastiques de forme telle que représentée à la figure 5 ;
- la figure 7 est une vue de dessus d'un organe de liaison à ressort intermédiaire selon une variante de l'invention ;
- la figure 8 est une représentation graphique d'un moment de rappel élastique normalisé exercé par le ressort intermédiaire dans l'organe de liaison illustré à la figure 3 selon différentes variantes des bras élastiques du ressort

intermédiaire, à savoir de tels bras à section constante (courbe A1) et de tels bras à section variable (courbes A2 à A4), la section variant selon un premier mode de variation ;

- la figure 9 est une représentation graphique d'un moment de rappel élastique normalisé exercé par le ressort intermédiaire dans l'organe de liaison illustré à la figure 3 selon deux variantes des bras élastiques du ressort intermédiaire, à savoir de tels bras à section constante (courbe B1) et de tels bras à section variable (courbe B2), la section variant selon un deuxième mode de variation ;
- la figure 10 est une représentation graphique du moment de rappel élastique exercé par le ressort intermédiaire utilisé dans l'invention et des moments de rappel élastiques exercés par cinq ressorts intermédiaires utilisés dans l'état de la technique.

[0010] Les figures 1 et 2 illustrent un mécanisme horloger 1, formant ou faisant partie d'un mouvement horloger, à dispositif à force constante selon l'invention. Le mécanisme horloger 1 comprend un organe moteur 2, un mobile 3 entraîné par l'organe moteur 2, un échappement 4 et un oscillateur 5. L'organe moteur 2 est typiquement sous la forme d'un ou plusieurs ressorts de barillet (un seul ressort de barillet dans l'exemple illustré) logé(s) dans un ou plusieurs barillets respectifs 2a (un seul barillet dans l'exemple illustré). Dans l'exemple illustré, l'échappement 4 est un échappement à ancre, plus particulièrement un échappement à ancre suisse, comprenant une ancre 6, une roue d'échappement 7 coopérant avec l'ancre 6 et un pignon d'échappement 8 coaxial et solidaire de la roue d'échappement 7, mais il pourrait être d'un autre type. L'oscillateur 5 peut être un balancier-spiral, comme représenté, ou un autre type d'oscillateur tel qu'un oscillateur sans pivots à guidage flexible.

[0011] Entre le mobile 3 et la roue d'échappement 7 est prévu un dispositif à force constante 9. Ce dispositif à force constante 9 comprend un pignon d'armage 10, une roue de seconde 11 coaxiale avec le pignon d'armage 10 mais libre en rotation par rapport à celui-ci et un organe de liaison 12 interposé fonctionnellement entre le pignon d'armage 10 et la roue de seconde 11 avec lesquels il est coaxial. Le pignon d'armage 10 engrène avec la roue du mobile 3, désignée par 14, tandis que le pignon du mobile 3, désigné par 15, engrène avec le barillet 2a. On pourrait néanmoins faire engrener directement le pignon d'armage 10 avec le barillet 2a en adaptant le rapport d'engrenage. La roue de seconde 11 engrène avec le pignon d'échappement 8. L'organe de liaison 12, représenté seul à la figure 3, comprend un moyeu 16 solidaire en rotation du pignon d'armage 10, une serge 17 solidaire en rotation de la roue de seconde 11 et des bras ou lames élastiques 18 uniformément répartis autour du moyeu 16 et reliant le moyeu 16 à la serge 17. Dans l'exemple illustré la serge 17 est en forme de cercle fermé mais elle pourrait en variante être interrompue et prendre la forme d'un ou plusieurs arcs de cercle. L'ensemble des bras élastiques 18 guide la serge 17 en rotation par rapport au moyeu 16 et constitue un ressort dit intermédiaire 19 capable d'emmagasiner de l'énergie mécanique en se tendant (par une rotation relative de la serge 17 et du moyeu 16 dans un sens) et de la restituer en se détendant (par une rotation relative de la serge 17 et du moyeu 16 dans l'autre sens). Les extrémités respectives des bras élastiques 18 jointes au moyeu 16 constituent ensemble une extrémité d'armage du ressort intermédiaire 19. Les extrémités respectives des bras élastiques 18 jointes à la serge 17 constituent ensemble une extrémité de délivrance de couple du ressort intermédiaire 19.

[0012] L'organe de liaison 12 est typiquement 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.

[0013] Comme illustré aux figures 1 à 3, la serge 17 de l'organe de liaison 12 est rendue solidaire en rotation de la roue de seconde 11 par des goupilles 11a portées par la roue de seconde 11 et engagées dans des ouvertures 17a pratiquées dans la serge 17. Dans l'exemple représenté, les ouvertures 17a sont oblongues dans le but de compenser d'éventuels défauts de fabrication, mais elles pourraient avoir une autre forme, par exemple ronde. La serge 17 et la roue de seconde 11 pourraient être rendues solidaires en rotation par tout autre moyen convenable. L'organe de liaison 12 et la roue de seconde 11 pourraient même constituer une seule pièce ayant la forme de l'organe de liaison 12 avec une denture à la périphérie de la serge 17. Le moyeu 16 de l'organe de liaison 12 et le pignon d'armage 10 sont fixés sur le même axe par chassage, collage ou autre. Le moyeu 16 et le pignon d'armage 10 pourraient néanmoins être rendus solidaires en rotation d'une autre manière.

[0014] Le dispositif à force constante 9 comprend également un dispositif de blocage 20 du type décrit dans les demandes de brevet PCT/IB2018/052645 et PCT/IB2018/052646 de la demanderesse qui sont incorporées dans la présente demande par renvoi. Ce dispositif de blocage 20 comprend un organe rotatif d'entraînement 21, de préférence sous la forme d'un doigt comme représenté, coaxial et solidaire en rotation de la roue d'échappement 7 et du pignon d'échappement 8, un organe rotatif de blocage 22, constitué de préférence d'une étoile comme représenté, coaxial et solidaire en rotation du pignon d'armage 10 et du moyeu 16, et un cadre mobile 23 présentant deux ouvertures à contour fermé 24, 25 qui reçoivent respectivement les organes rotatifs d'entraînement 21 et de blocage 22. Deux éléments d'entraînement 26 diamétralement opposés formés dans la paroi de l'ouverture 24 coopèrent avec l'organe rotatif d'entraînement 21. Deux éléments d'arrêt 27 formés dans la paroi de l'ouverture 25 coopèrent avec l'organe rotatif de blocage

22. Le cadre mobile 23 est guidé en translation suivant la double flèche F par un dispositif de guidage flexible 28 avec lequel il forme de préférence une pièce monobloc. Le cadre mobile 23 pourrait toutefois être guidé en rotation. L'organe rotatif d'entraînement 21 pourrait être relié cinématiquement à la roue d'échappement 7 d'une autre manière qu'en étant solidaire en rotation de celle-ci, par exemple par l'intermédiaire d'un ou plusieurs engrenages. De même, l'organe rotatif de blocage 22 pourrait être relié cinématiquement au moyeu 16 et au pignon d'armage 10 d'une autre manière qu'en étant solidaire en rotation de ceux-ci, par exemple par l'intermédiaire d'un ou plusieurs engrenages.

[0015] Le fonctionnement du mécanisme horloger 1 est le suivant.

[0016] Le ressort intermédiaire 19, en se désarmant, entraîne via la serge 17 la roue de seconde 11 qui elle-même entraîne le pignon d'échappement 8 donc la roue d'échappement 7. Par l'action de l'oscillateur 5 et de l'ancre 6, la roue d'échappement 7, le pignon d'échappement 8, l'organe rotatif d'entraînement 21, la roue de seconde 11 et la serge 17 de l'organe de liaison 12 tournent de manière saccadée au rythme des alternances de l'oscillateur 5, la roue d'échappement 7, le pignon d'échappement 8 et l'organe rotatif d'entraînement 21 tournant ensemble dans le sens horaire de la figure 1. Ainsi, l'échappement 4 n'est alimenté que par de l'énergie provenant du ressort intermédiaire 19 et reçoit donc une force qui ne dépend pas du degré d'armage de l'organe moteur 2.

[0017] La plupart du temps, l'organe rotatif de blocage 22, qui est sous tension de par le couple exercé par l'organe moteur 2 via le train d'engrenages formé par le barillet 2a, le mobile 3 et le pignon d'armage 10, est bloqué par l'un des éléments d'arrêt 27 contre lequel s'appuie une de ses branches, ce qui maintient le pignon d'armage 10 et donc le moyeu 16 de l'organe de liaison 12 immobiles.

[0018] Le ressort intermédiaire 19 est armé périodiquement par l'organe moteur 2 à des instants qui sont déterminés par la rencontre entre l'organe rotatif d'entraînement 21 et chacun des éléments d'entraînement 26. Dès que l'organe rotatif d'entraînement 21 entre en contact avec l'un des éléments d'entraînement 26, il coopère avec celui-ci pour déplacer le cadre mobile 23 afin de désengager l'organe rotatif de blocage 22 de l'élément d'arrêt 27 contre lequel il s'appuyait. Toute la chaîne cinématique allant de l'organe moteur 2 au moyeu 16 de l'organe de liaison 12 est alors libérée et se met à tourner brusquement jusqu'à ce qu'une autre branche de l'organe rotatif de blocage 22 vienne s'appuyer sur l'autre élément d'arrêt 27. Pendant ce déplacement brusque (considéré comme instantané par rapport au mouvement de la roue d'échappement 7, du pignon d'échappement 8 et de l'organe rotatif d'entraînement 21), le ressort intermédiaire 19 est armé. Le ressort intermédiaire 19 sera de nouveau armé, de manière similaire, après la rencontre entre l'organe rotatif d'entraînement 21 et l'autre élément d'entraînement 26, puis le cycle se répète.

[0019] L'intervalle de temps séparant deux armages successifs du ressort intermédiaire 19 (c'est-à-dire deux sauts successifs de l'ensemble pignon d'armage 10 - moyeu 16 - organe rotatif de blocage 22) est typiquement de plusieurs secondes. Les différents rapports d'engrenages dans le mécanisme horloger 1 et le nombre de branches de l'organe rotatif d'entraînement 21 et de l'organe rotatif de blocage 22 sont choisis pour que le ressort intermédiaire 19 accumule à chaque armage la même quantité d'énergie que celle délivrée à l'échappement 4 entre deux armages successifs.

[0020] Le dispositif de blocage 20 est avantageux notamment pour protéger le mécanisme horloger 1 contre les chocs et pour diminuer les frottements, comme expliqué dans les demandes de brevet PCT/IB2018/052645 et PCT/IB2018/052646. Toutefois, il est possible de recourir à un dispositif de blocage plus classique, à ancre, tel que celui utilisé dans le remontoir d'égalité de Gafner ou décrit dans la demande de brevet EP 2166419.

[0021] Dans la présente invention, les bras élastiques 18 qui constituent le ressort intermédiaire 19 sont conformés spécialement pour améliorer la constance du couple ou moment de rappel élastique exercé par ce ressort intermédiaire 19 et améliorer ainsi la régularité des oscillations de l'oscillateur 5.

[0022] Pour la compréhension de l'invention, le comportement de l'organe de liaison 12, considéré isolément, c'est-à-dire libre de toute interaction avec le pignon d'armage 10 et avec la roue de seconde 11, est décrit ci-dessous. La figure 3 représente cet organe de liaison 12 isolé.

[0023] L'organe de liaison 12 isolé montré à la figure 3 présente, en raison de la forme de ses bras élastiques 18, un sens de rotation privilégié de sa serge 17 par rapport à son moyeu 16, ce sens étant défini comme celui qui permet, à partir de son état de repos, le plus grand déplacement angulaire relatif de sa serge 17 par rapport à son moyeu 16. Ce sens de rotation privilégié est le sens horaire à la figure 3.

[0024] L'organe de liaison 12 isolé peut être armé par rotation de sa serge 17 par rapport à son moyeu 16 d'un angle θ dans son sens de rotation privilégié, l'angle $\theta = 0^\circ$ correspondant à la position de repos de l'organe de liaison 12 isolé, c'est-à-dire à la position dans laquelle le ressort intermédiaire 19 est au repos (n'exerce aucun moment de rappel élastique). Lors d'un tel armage, le ressort intermédiaire 19 se déforme pour exercer un moment de rappel $M(\theta)$ dépendant de la position θ de la serge 17 par rapport au moyeu 16, tendant à faire pivoter la serge 17 par rapport au moyeu 16 dans le sens opposé au sens d'armage, c'est-à-dire dans le sens opposé au sens de rotation privilégié, tendant ainsi à la faire revenir à son état de repos.

[0025] Lorsque la serge 17 est dans la position angulaire dans laquelle l'angle θ est égal à x° , on dit que l'organe de liaison 12 ou le ressort intermédiaire 19 est armé de x° .

[0026] Le ressort intermédiaire 19 est conçu, notamment de par sa forme, pour exercer, dans l'organe de liaison 12, un moment de rappel élastique $M(\theta)$ sensiblement constant sur une plage de positions angulaires $[\theta_a, \theta_b]$ de la serge

17 par rapport au moyeu 16 d'au moins 10°, de préférence d'au moins 15°, de préférence d'au moins 20°, de préférence d'au moins 25°.

[0027] On entend par moment « sensiblement constant » un moment ne variant pas de plus de 10%, de préférence 5%, de préférence encore 3%, typiquement 1,5%, étant entendu que ce pourcentage peut être diminué davantage.

[0028] Plus précisément, soient respectivement $M_{\min}$ et $M_{\max}$ les valeurs des moments minimum et maximum exercés par le ressort intermédiaire 19 dans l'organe de liaison 12 isolé sur une plage donnée de positions angulaires de la serge 17 par rapport au moyeu 16, le moment exercé par le ressort intermédiaire 19 est sensiblement constant dès lors que l'inéquation « $(M_{\max} - M_{\min}) / ((M_{\max} + M_{\min}) / 2) \leq 0,1$ » est vérifiée, plus précisément, dès lors que l'inéquation « $(M_{\max} - M_{\min}) / ((M_{\max} + M_{\min}) / 2) \leq y\%$ », avec $y=10$, de préférence 5, de préférence encore 3, par exemple 1,5, est vérifiée.

[0029] La figure 4 illustre schématiquement l'allure de la courbe d'évolution du moment de rappel élastique $M(\theta)$ en fonction de la position angulaire θ relative de la serge 17 par rapport au moyeu 16. Comme cela est visible, cette courbe est non linéaire et le moment de rappel élastique $M(\theta)$ suit globalement une évolution en trois phases :

- pour un angle θ compris entre 0° et une première valeur θ_a , le moment de rappel élastique augmente rapidement avec le déplacement angulaire θ ;
- au-delà de cette première valeur θ_a , le ressort intermédiaire 19 est dans une phase stable. En effet, entre cette première valeur θ_a et une seconde valeur θ_b , le moment de rappel élastique est sensiblement constant par rapport au déplacement angulaire θ , la courbe $M(\theta)$ prenant la forme d'un plateau ;
- au-delà de cette deuxième valeur θ_b , le moment de rappel élastique augmente à nouveau jusqu'à atteindre une valeur limite $M_{\limite}$, pour un déplacement angulaire $\theta = \theta_{\limite}$. Cette valeur $M_{\limite}$ dépend des propriétés du matériau dans lequel le ressort intermédiaire 19 est réalisé et est atteinte lorsque le ressort intermédiaire 19 subit la contrainte maximale qu'il peut supporter.

[0030] Il est possible de définir des valeurs limites d'angles $\theta_{a,y\%}$ et $\theta_{b,y\%}$ entre lesquelles le moment de rappel élastique est sensiblement constant, avec une constance de $y\%$. Par exemple, si l'on veut obtenir une constance du moment de rappel élastique de 5%, on définit à l'aide de la courbe $M(\theta)$ les valeurs des angles $\theta_{a,5\%}$ et $\theta_{b,5\%}$ pour que l'inéquation : « $(M_{\max} - M_{\min}) / ((M_{\max} + M_{\min}) / 2) < 0,05$ » soit vérifiée ; avec $M_{\max}$ le moment de rappel élastique maximum sur l'intervalle d'angles $[\theta_{a,5\%}, \theta_{b,5\%}]$ et $M_{\min}$ le moment de rappel élastique minimum sur ce même intervalle.

[0031] Dans le mécanisme horloger 1, le ressort intermédiaire 19 est pré-armé d'une valeur θ_{arm} incluse dans la plage $[\theta_a, \theta_b]$ et les rapports d'engrenages et le nombre de branches de l'organe rotatif d'entraînement 21 et de l'organe rotatif de blocage 22 sont choisis pour que l'angle d'armage θ reste dans cette plage pendant le fonctionnement dudit mécanisme, de sorte que le moment de rappel élastique reste sensiblement constant. Le pré-armage du ressort intermédiaire 19 peut être effectué pendant l'assemblage du mécanisme horloger 1 par simple positionnement angulaire de la roue de seconde 11 par rapport au pignon d'armage 10 relié par l'organe de liaison 12 à la roue de seconde 11. Plus la valeur de pré-armage θ_{arm} choisie est proche de la valeur θ_b plus la plage de fonctionnement du ressort intermédiaire 19 pourra être grande. Chaque armage du ressort intermédiaire 19 par l'organe moteur 2 ramène l'angle d'armage θ du ressort intermédiaire 19 à la valeur θ_{arm} .

[0032] Pour obtenir l'allure non linéaire de la courbe $M(\theta)$ représentée à la figure 4, les bras élastiques 18 peuvent être conformés par optimisation topologique en appliquant l'enseignement de la publication « Design of adjustable constant-force forceps for robot-assisted surgical manipulation », Chao-Chieh Lan et al., 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Shanghai International Conference Center, May 9-13, 2011, China.

[0033] L'optimisation topologique dont il est question dans l'article précité utilise des courbes polynomiales paramétriques telles que les courbes de Bézier pour déterminer la forme géométrique des bras élastiques.

[0034] Les courbes de Bézier se définissent, conjointement à une série de $m=(n+1)$ points de contrôle $(Q_0, Q_1, \dots, Q_n)$, par un ensemble de points dont les coordonnées sont données par des sommes de polynômes de Bernstein pondérées par les coordonnées desdits points de contrôle.

[0035] La forme géométrique de chacun des bras élastiques 18 du ressort intermédiaire 19 est une courbe de Bézier dont les points de contrôle ont été optimisés pour prendre en compte, notamment, les dimensions de l'organe de liaison 12 à concevoir ainsi que la contrainte « $(M_{\max} - M_{\min}) / ((M_{\max} + M_{\min}) / 2) \leq 0,05$ » recherchée. L'inéquation « $(M_{\max} - M_{\min}) / ((M_{\max} + M_{\min}) / 2) \leq 0,05$ » correspond à une constance du moment de rappel élastique de 5% sur une plage angulaire $[\theta_{a,5\%}, \theta_{b,5\%}]$.

[0036] Plus précisément, la forme géométrique de chacun des bras élastiques est définie par l'ensemble des points

$$\sum_{i=0}^n B_i^n(t) \cdot Q_i, \text{ avec } t \in [0, 1],$$

où les B_i^n sont les polynômes de Bernstein donnés par la fonction

$$B_i(t) = \frac{(m-1)!}{i!(m-1-i)!} t^i (1-t)^{m-1-i} \text{ avec } t \in [0, 1],$$

et où les Q_i sont les points de contrôle Q_0 à Q_n . Elle correspond à la représentation graphique dans un repère orthonormé de l'ensemble des points définis par les couples de coordonnées $(x; y)$ définis respectivement par les fonctions $x(t)$ et $y(t)$, $t \in [0, 1]$, ci-dessous :

$$x(t) = \sum_{i=0}^{m-1} Q_{ix} B_i(t)$$

$$y(t) = \sum_{i=0}^{m-1} Q_{iy} B_i(t)$$

dans lesquelles Q_{ix} et Q_{iy} sont respectivement les coordonnées x et y des points de contrôle Q_i .

[0037] Les formules indiquées ci-dessus donnent les coordonnées d'une courbe de Bézier d'ordre m , c'est-à-dire une courbe de Bézier basée sur m points de contrôle. Pour des raisons pratiques, une telle courbe de Bézier peut être décomposée en une succession de courbes de Bézier d'ordre inférieur à m , auquel cas la forme géométrique de chacun des bras élastiques est une succession de courbes de Bézier.

[0038] En utilisant ce principe, la demanderesse a conçu un organe de liaison 12 particulier comprenant trois bras élastiques 18 répartis uniformément autour du moyeu 16. Cet organe de liaison 12 correspond à celui représenté dans les figures. Les dimensions de cet organe de liaison sont les suivantes :

Diamètre extérieur de la serge :	12 mm
Diamètre extérieur du moyeu :	2 mm
Diamètre intérieur de la serge :	10 mm
Hauteur:	0,12 mm
Epaisseur des bras élastiques :	80 μ m
Longueur curviligne de chaque bras :	4,91 mm

[0039] Dans le cadre de cette conception, sept points de contrôle $Q_0, Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6$ ont été utilisés. Les coordonnées de ces points de contrôle sont indiquées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Coordonnées des points de contrôle Q_0 à Q_6 .

Variables	Coordonnées x [mm]	Coordonnées y [mm]
Q_0	0,756625	0,653875
Q_1	1,87325	1,619
Q_2	2,8125	-0,59125
Q_3	3,4375	0,4535
Q_4	3,75	1,032875
Q_5	4,375	0
Q_6	5	0

[0040] Avec ces sept points de contrôle il aurait été possible de réaliser une courbe de Bézier d'ordre sept. Cependant, selon le principe indiqué ci-dessus, la courbe de Bézier a été décomposée en deux segments, un premier segment

EP 3 598 241 A1

correspondant à une courbe de Bézier d'ordre 4 basée sur les points de contrôle Q_0 à Q_3 et un second segment correspondant à une courbe de Bézier d'ordre 4 basée sur les points de contrôle Q_3 à Q_6 .

[0041] En utilisant les coordonnées des points de contrôle Q_0 à Q_6 ci-dessus dans les fonctions $x(t)$ et $y(t)$ précitées, la demanderesse a obtenu les coordonnées des points définissant la forme géométrique d'un bras élastique. Un certain nombre de ces couples de coordonnées sont donnés dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2 : Coordonnées de points de passage du bras élastique optimisé

x [mm]	y [mm]
0,756625	0,653875
1,086132	0,854582
1,404044	0,903348
1,709407	0,838756
2,001267	0,699389
2,278672	0,523828
2,540668	0,350656
2,786302	0,218455
3,014621	0,165807
3,224671	0,231295
3,4155	0,4535
3,524275	0,58159
3,648736	0,628816
3,787142	0,611048
3,937748	0,544158
4,098813	0,444016
4,268592	0,326492
4,445344	0,207458
4,627324	0,102784
4,812791	0,028341
5	0

[0042] Le graphique de la figure 5 fait apparaître la géométrie du diamètre externe du moyeu 16, du diamètre interne de la serge 17 et d'un des bras élastiques 18 de l'organe de liaison 12 que la demanderesse a conçu, la géométrie dudit bras étant définie par une courbe passant par l'ensemble des coordonnées de points défini dans le tableau 2 ci-dessus. Ce graphique est réalisé dans un repère orthonormé.

[0043] La figure 6 représente les résultats d'une simulation de l'évolution du moment de rappel élastique de l'organe de liaison 12 isolé ainsi réalisé en fonction de la position angulaire θ de sa serge 17 par rapport à son moyeu 16.

[0044] La simulation effectuée considère l'organe de liaison 12 isolé réalisé en verre métallique, plus précisément en Vitreloy 1b, mais tout matériau approprié peut être utilisé. Par exemple des matériaux tels que le silicium typiquement revêtu d'oxyde de silicium, le Nivaflex® 45/18 (alliage à base de cobalt, nickel et chrome), le plastique ou le CK101 (acier de construction non-allié) conviennent également et permettent l'obtention d'organes de liaison dont le moment de rappel élastique est sensiblement constant sur les mêmes plages angulaires $[\theta_a, \theta_b]$.

[0045] La plage angulaire de fonctionnement permettant la délivrance d'un moment sensiblement constant étant une constante liée à la forme des bras élastiques 18, l'angle de fonctionnement θ_p doit être inférieur à l'angle θ_{lim} correspondant à la limite avant plastification ou rupture du ressort intermédiaire 19. Cela permet de définir l'épaisseur maximale qu'il est possible de réaliser sur les bras.

[0046] Il ressort de l'analyse des résultats présentés à la figure 6 qu'une constance de 2,4% du moment de rappel élastique est obtenue pour un déplacement angulaire de la serge 17 de l'organe de liaison 12 étudié par rapport à son

moyeu 16 compris entre $\theta_{a_2,4\%}$, soit 13° , et $\theta_{b_2,4\%}$, soit 31° , soit sur une plage de fonctionnement de 18° . L'organe de liaison 12 ainsi réalisé possède donc une plage de fonctionnement à moment constant (pour une constance de 2,4%) de 18° . Si l'on accepte une constance de 9,1% du moment de rappel élastique alors l'organe de liaison ainsi réalisé possède une plage de fonctionnement à moment constant d'environ 23° , avec $\theta_{a_9,1\%} \approx 10,5^\circ$ et $\theta_{b_9,1\%} \approx 33,5^\circ$.

[0047] Le tableau 3 ci-dessous donne, à titre indicatif, les valeurs $\theta_{a_y\%}$, $\theta_{b_y\%}$ et $\Delta\theta$ (plage de positions angulaires à moment sensiblement constant) associées à l'organe de liaison 12 réalisé par la demanderesse en fonction du pourcentage de constance y considéré ainsi que les valeurs de moments de force $M_{\min}$ et $M_{\max}$ associées.

Tableau 3 :

$\theta_{a_y\%}$	$\theta_{b_y\%}$	Plage angulaire $\Delta\theta$ ($^\circ$)	$M_{\min}$	$M_{\max}$	Pourcentage de constance y (%)
13,5	30,5	17	1,310	1,331	1,6
13	31	18	1,303	1,335	2,4
12,5	31,5	19	1,294	1,339	3,4
12	32	20	1,284	1,343	4,5
10,5	33,5	23	1,242	1,360	9,1

[0048] En augmentant le nombre de points de contrôle lors de la conception des bras élastiques 18, on devrait pouvoir augmenter la précision de la forme de ces bras élastiques 18 et améliorer ainsi la constance du moment de rappel.

[0049] Il est aussi possible d'améliorer la constance du moment de rappel en concevant les bras élastiques 18 avec une section variable. La figure 8 montre différentes courbes représentatives d'un moment de force $M(\theta)$ normalisé exercé par l'organe de liaison 12 isolé en fonction de la position angulaire θ de sa serge 17 par rapport à son moyeu 16 (angle d'armage) pour différentes variations de section des bras élastiques 18. La courbe la plus haute, désignée par A1, correspond à des bras élastiques 18 de section constante et d'épaisseur $30\ \mu\text{m}$. Les courbes situées au-dessous de la courbe A1 correspondent à des bras élastiques 18 dont l'épaisseur diminue linéairement du moyeu 16 à la serge 17, l'épaisseur au point de jonction avec le moyeu 16 étant de $30\ \mu\text{m}$ pour chaque courbe, l'épaisseur au point de jonction avec la serge 17 étant de $29\ \mu\text{m}$ pour la courbe A2, de $28\ \mu\text{m}$ pour la courbe A3 et de $27\ \mu\text{m}$ pour la courbe A4. On constate une amélioration de la constance pour les courbes A2, A3 et A4 par rapport à la courbe A1 sur une plage d'angles d'armage de longueur supérieure à 15° .

[0050] D'autres modes de variation de la section des bras élastiques 18 peuvent être envisagés. La figure 9 montre deux courbes B1 et B2 représentatives d'un moment de force $M(\theta)$ normalisé exercé par l'organe de liaison 12 isolé en fonction de la position angulaire θ de sa serge 17 par rapport à son moyeu 16 (angle d'armage) pour différentes formes de section des bras élastiques 18. La courbe la plus haute, B1, correspond à des bras élastiques 18 de section constante et d'épaisseur $30\ \mu\text{m}$. La courbe B2 correspond à des bras élastiques 18 dont l'épaisseur diminue linéairement du moyeu 16 au milieu du bras puis augmente linéairement du milieu du bras à la serge 17, l'épaisseur aux points de jonction avec le moyeu 16 et avec la serge 17 étant de $30\ \mu\text{m}$, l'épaisseur au milieu du bras étant de $29\ \mu\text{m}$. On constate une amélioration de la constance pour la courbe B2 par rapport à la courbe B1 sur une plage d'angles d'armage de longueur supérieure à 15° .

[0051] De manière générale, dans les cas où les bras élastiques 18 ont 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 (curviligne) du bras élastique. La variation de la section est en outre choisie pour améliorer la constance du moment de rappel élastique sur la plage $[\theta_a, \theta_b]$ par rapport à des bras élastiques de même forme que les bras 18 mais de section constante.

[0052] Pour illustrer les différences entre le ressort intermédiaire 19 utilisé dans la présente invention et ceux de l'état de la technique, il est montré à la figure 10 six courbes C1 à C6 représentant la relation entre le moment de rappel élastique et l'angle d'armage pour six ressorts, à savoir :

- C1 : le ressort intermédiaire 19 selon l'invention (conçu dans une taille réduite par rapport au ressort dont le comportement est représenté à la figure 6, afin de faciliter la comparaison avec l'état de la technique),
- C2 : un ressort en spirale classique,
- C3 : le ressort intermédiaire tel qu'utilisé dans le mécanisme selon la demande de brevet CH 709914 et constitué des bras flexibles désignés par le repère 11 à la figure 1 de ladite demande de brevet,
- C4 : le ressort intermédiaire formé par les bras flexibles de l'organe de liaison illustré à la figure 1 de la demande de brevet CH 704147,

- C5 : le ressort intermédiaire formé par les bras ou cols flexibles de l'organe de liaison illustré à la figure 2 de la demande de brevet CH 704147,
- C6 : le ressort intermédiaire formé par les bras flexibles de l'organe de liaison illustré à la figure 3 de la demande de brevet CH 704147.

5

[0053] Comme on peut le voir, l'allure de la courbe C1 du ressort intermédiaire 19 selon l'invention est très différente de celle des autres courbes C2 à C6. Aucune des courbes C2 à C6 ne présente un plateau où le moment de force est sensiblement constant. Pour chacun de ces ressorts intermédiaires, la simulation a été effectuée sur sa plage de déformation normale, avant que les bras élastiques se touchent, se déforment plastiquement ou se rompent. Dès que les bras élastiques se touchent, le moment de rappel élastique augmente brusquement en valeur absolue, ce qui éloigne encore davantage l'allure des courbes C2 à C6 de celle de la courbe C1 du ressort intermédiaire 19 selon l'invention.

10

[0054] Il apparaîtra clairement à l'homme du métier que la présente invention n'est en aucun cas limitée au mode de réalisation présenté dans les figures.

15

[0055] Il est par exemple très bien envisageable de réaliser un organe de liaison 12 avec des bras élastiques 18 de formes différentes de celles représentées dans les figures et/ou dont le nombre de bras élastiques 18 est différent de celui représenté dans les figures. Les bras élastiques 18 peuvent notamment prendre une forme telle que représentée à la figure 7, basée sur l'enseignement de l'article « Functional joint mechanisms with constant torque outputs », Mechanism and machine theory 62 (2013) 166-181, Chia-Wen Hou *et al.* La hauteur, la longueur, l'épaisseur et/ou le matériau des bras élastiques 18, voire l'inclinaison des bras élastiques 18 par rapport au moyeu 16 (dans le plan de l'organe de liaison 12), peuvent également être modifiés pour ajuster la valeur du moment de rappel élastique sensiblement constant.

20

[0056] On pourrait aussi modifier le mécanisme horloger 1 pour que le ressort intermédiaire 19 soit armé par l'intermédiaire de la serge 17 et délivre son couple par l'intermédiaire du moyeu 16.

25

[0057] Par ailleurs, la présente invention peut être appliquée à un mécanisme d'échappement à force constante du type décrit dans la demande de brevet CH 709914, en remplaçant la roue d'échappement flexible de ce mécanisme par l'organe de liaison 12 muni d'une denture pour coopérer avec l'ancre 6.

Revendications

30

1. Mécanisme horloger (1) comprenant un organe moteur (2), un oscillateur (5), un échappement (4) pour entretenir les oscillations de l'oscillateur (5), un ressort intermédiaire (19) pour alimenter l'échappement (4) en énergie mécanique, un ou plusieurs engrenages (2a, 3, 10) entre l'organe moteur (2) et le ressort intermédiaire (19) et un dispositif de blocage (20) permettant un armage périodique du ressort intermédiaire (19) par l'organe moteur (2) via le ou les engrenages (2a, 3, 10), **caractérisé en ce que** le ressort intermédiaire (19) est un ressort à comportement non linéaire qui produit, entre un angle d'armage θ_a et un angle d'armage θ_b séparés d'au moins 10° , un moment de rappel élastique qui ne varie pas de plus de 10%, et **en ce que** le ressort intermédiaire (19) est pré-armé d'une valeur θ_{arm} incluse dans la plage $[\theta_a, \theta_b]$, le mécanisme horloger (1) étant agencé pour que, pendant son fonctionnement, l'angle d'armage du ressort intermédiaire (19) reste dans la plage $[\theta_a, \theta_b]$.

35

40

2. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le moment de rappel élastique produit par le ressort intermédiaire (19) ne varie pas de plus de 5%, de préférence pas de plus de 3%, de préférence pas de plus de 1,5%, sur la plage $[\theta_a, \theta_b]$.

45

3. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les angles d'armage θ_a et θ_b sont séparés d'au moins 15° , de préférence d'au moins 20° , de préférence d'au moins 25° .

4. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le ressort intermédiaire (19) comprend au moins un bras élastique (18).

50

5. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le ressort intermédiaire (19) comprend plusieurs dits bras élastiques (18) régulièrement répartis angulairement.

6. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** le ou chaque bras élastique (18) est de forme sinueuse.

55

7. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** la forme géométrique du ou de chaque bras élastique (18) est une courbe de Bézier ou une succession de courbes de Bézier.

8. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, **caractérisé en ce que** le ou chaque bras élastique (18) présente une section variable dont la variation est choisie pour améliorer la constance dudit moment de rappel élastique dans la plage $[\theta_a, \theta_b]$ par rapport à un bras élastique de même forme mais de section constante.

9. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le ressort intermédiaire (19) fait partie d'une pièce (12) comprenant en outre un moyeu (16) et une serge (17), le ressort intermédiaire (19) reliant le moyeu (16) et la serge (17).

10. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** ladite pièce (12) est monobloc.

11. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** le dispositif de blocage (20) comprend un organe mobile (23), un organe rotatif d'entraînement (21) relié cinématiquement à une roue d'échappement (7) et à une extrémité de délivrance de couple du ressort intermédiaire (19) et agencé pour déplacer l'organe mobile (23), un organe rotatif de blocage (22) relié cinématiquement à une extrémité d'armage du ressort intermédiaire (19) et à l'organe moteur (2), l'organe rotatif de blocage (22) étant bloqué par l'organe mobile (23) et débloquent périodiquement par les déplacements de l'organe mobile (23) causés par l'organe rotatif d'entraînement (21).

12. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** l'organe rotatif d'entraînement (21) est solidaire en rotation de la roue d'échappement (7).

13. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce que** l'organe mobile (23) est mobile en translation.

14. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, **caractérisé en ce que** l'organe mobile (23) comprend des première et deuxième ouvertures à contour fermé (24, 25) avec la paroi desquelles coopèrent respectivement l'organe rotatif d'entraînement (21) et l'organe rotatif de blocage (22).

15. Pièce d'horlogerie comprenant un mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14.

Fig.1

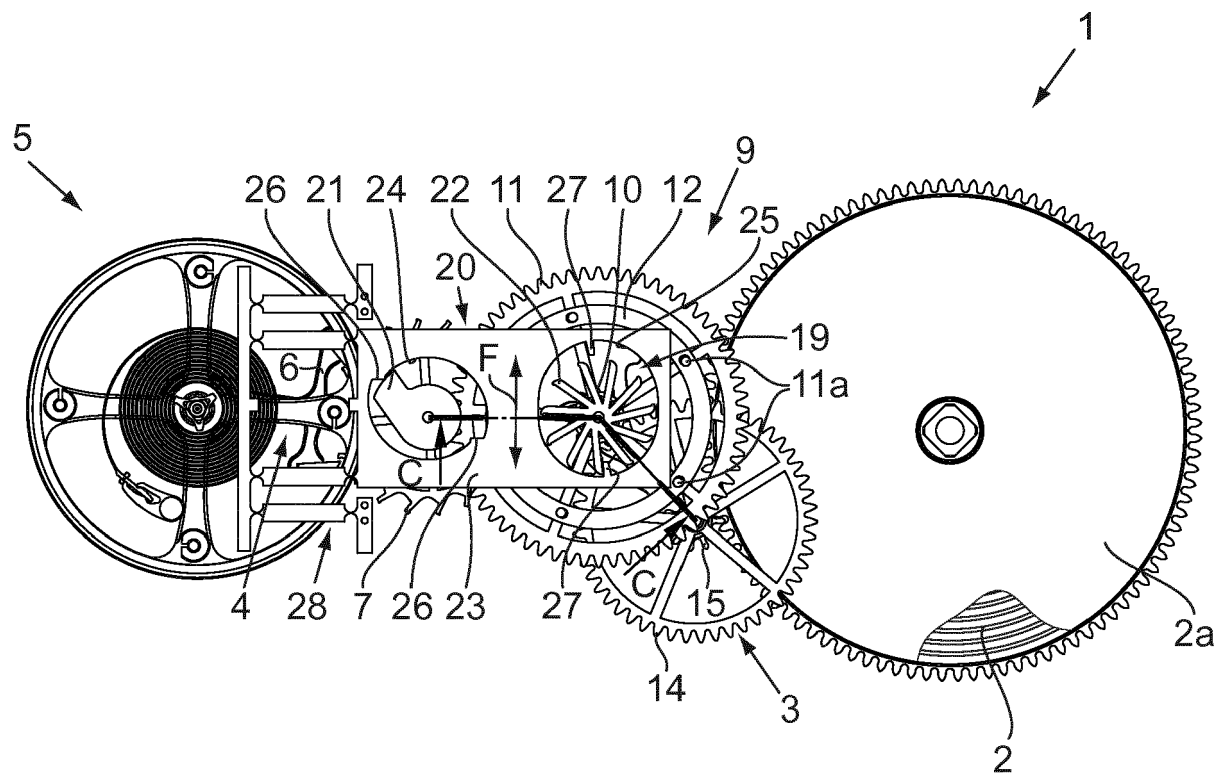


Fig.2

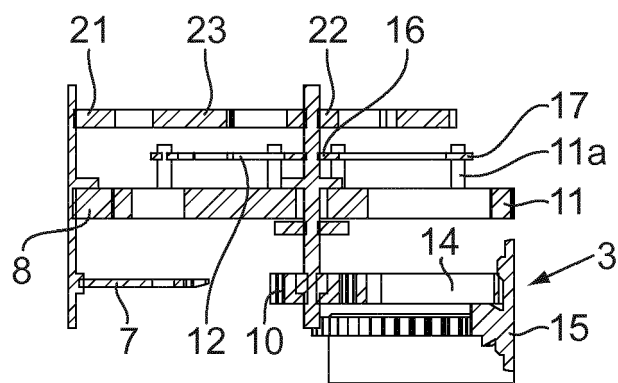


Fig.3

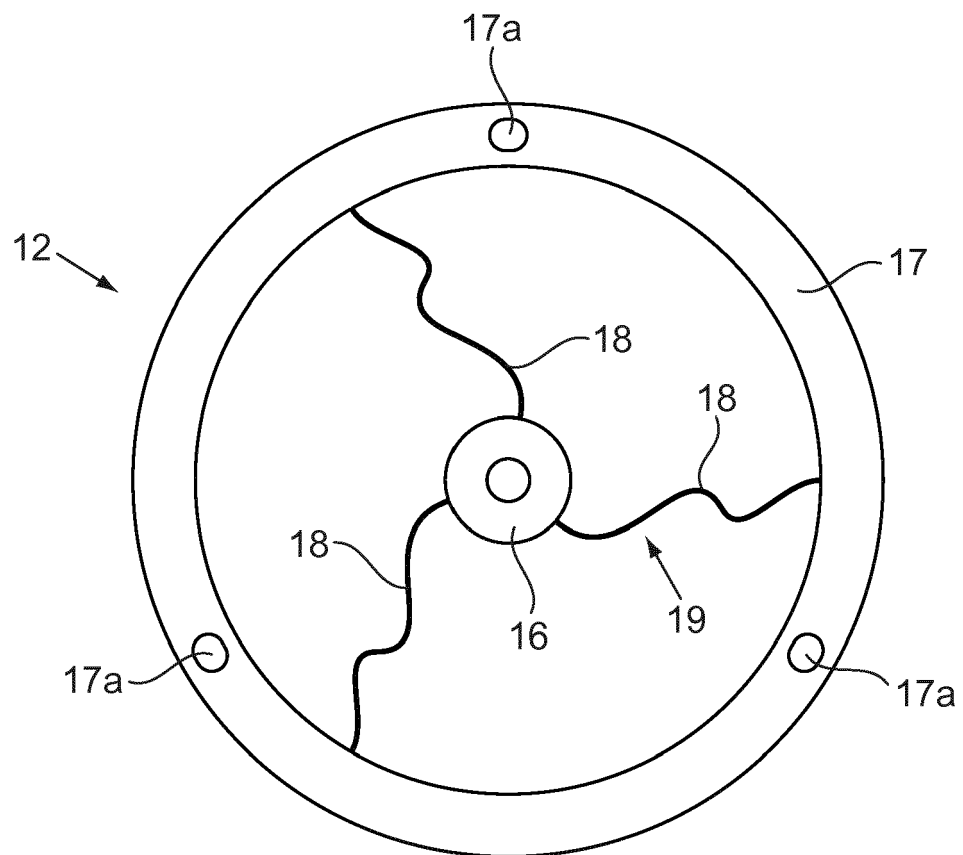


Fig.4

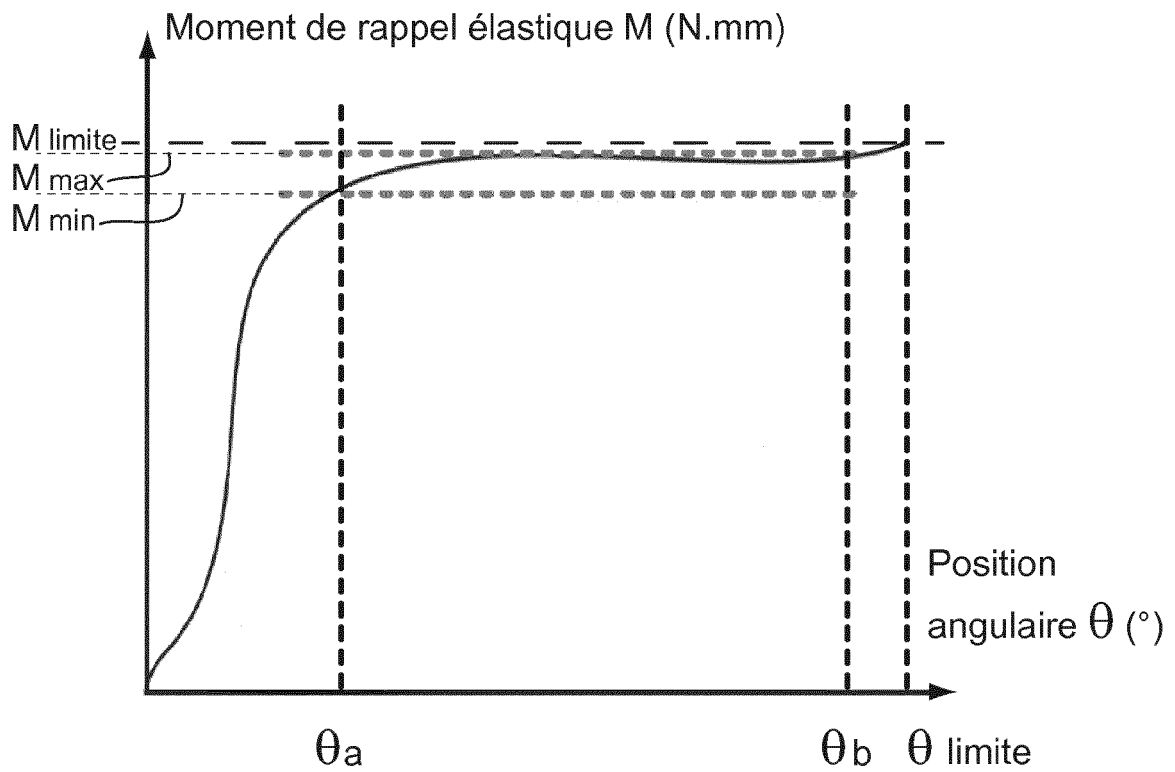


Fig.5

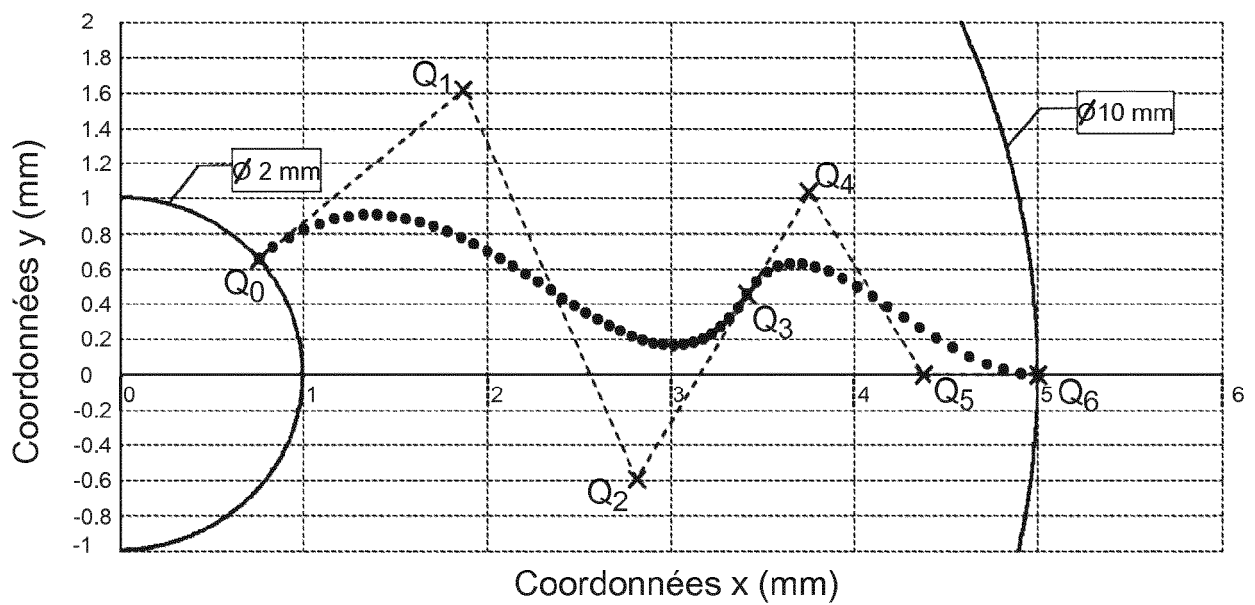


Fig.6

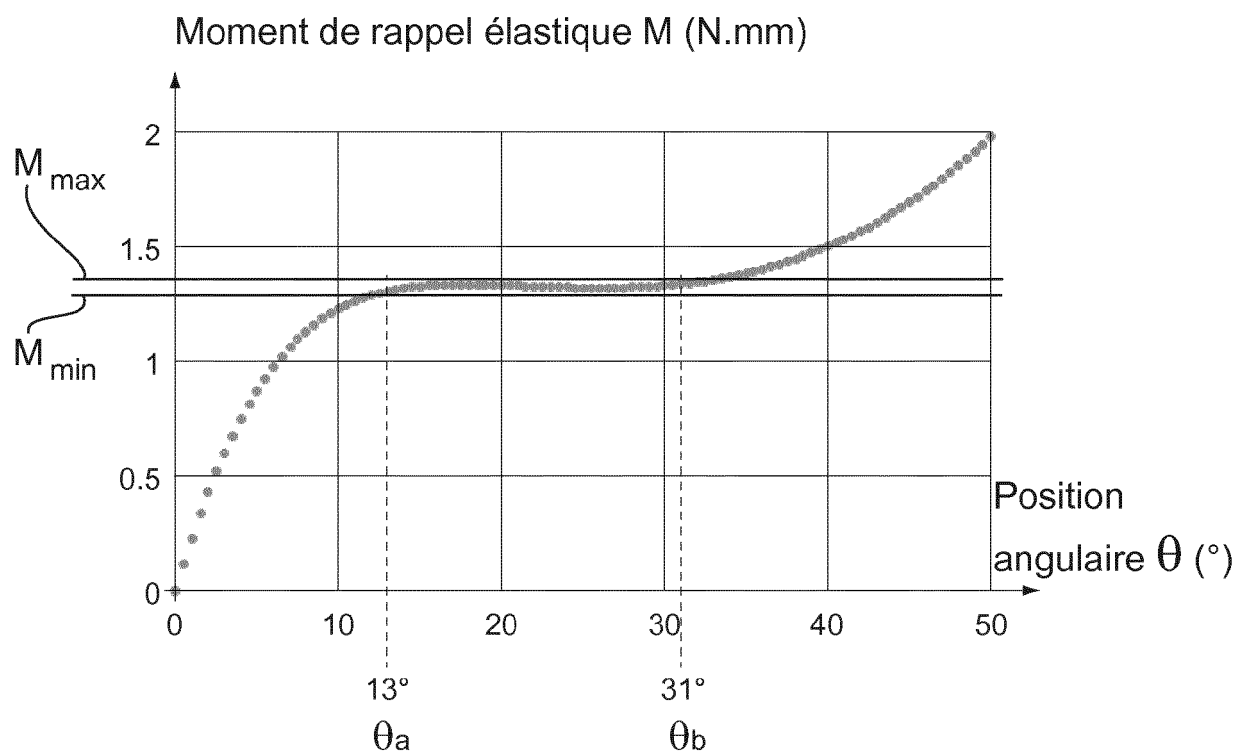


Fig.7

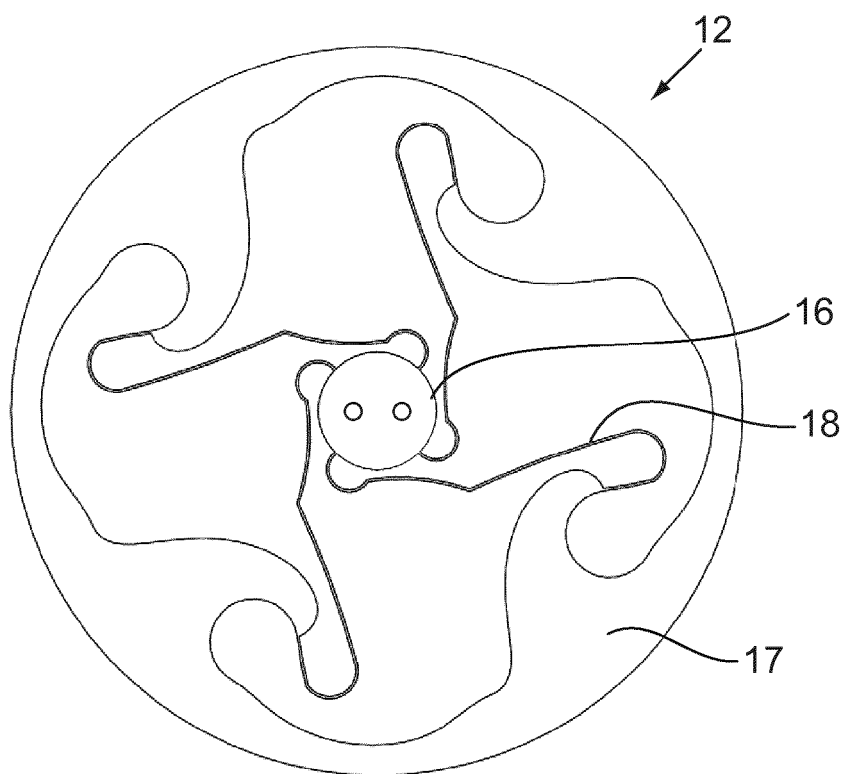


Fig.8

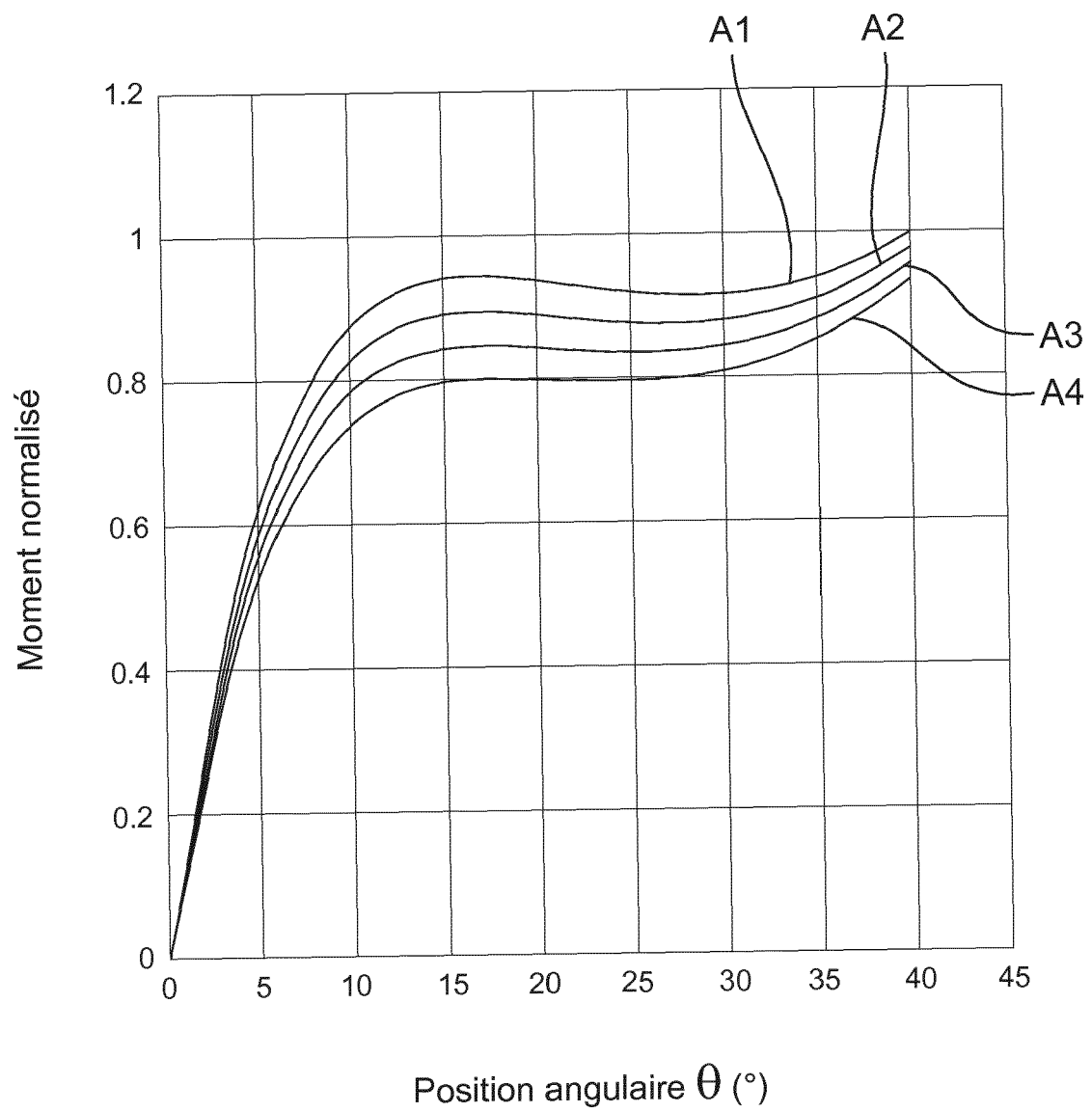


Fig.9

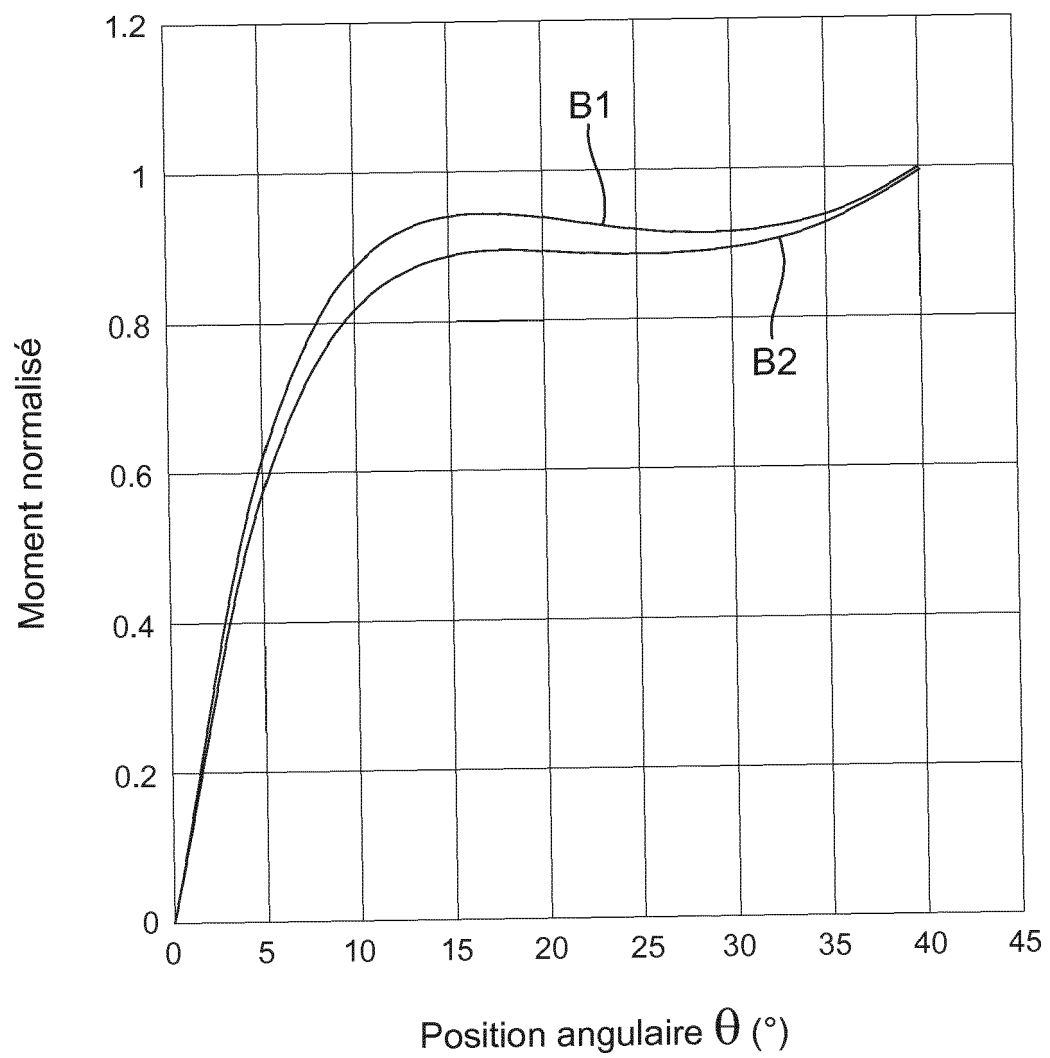
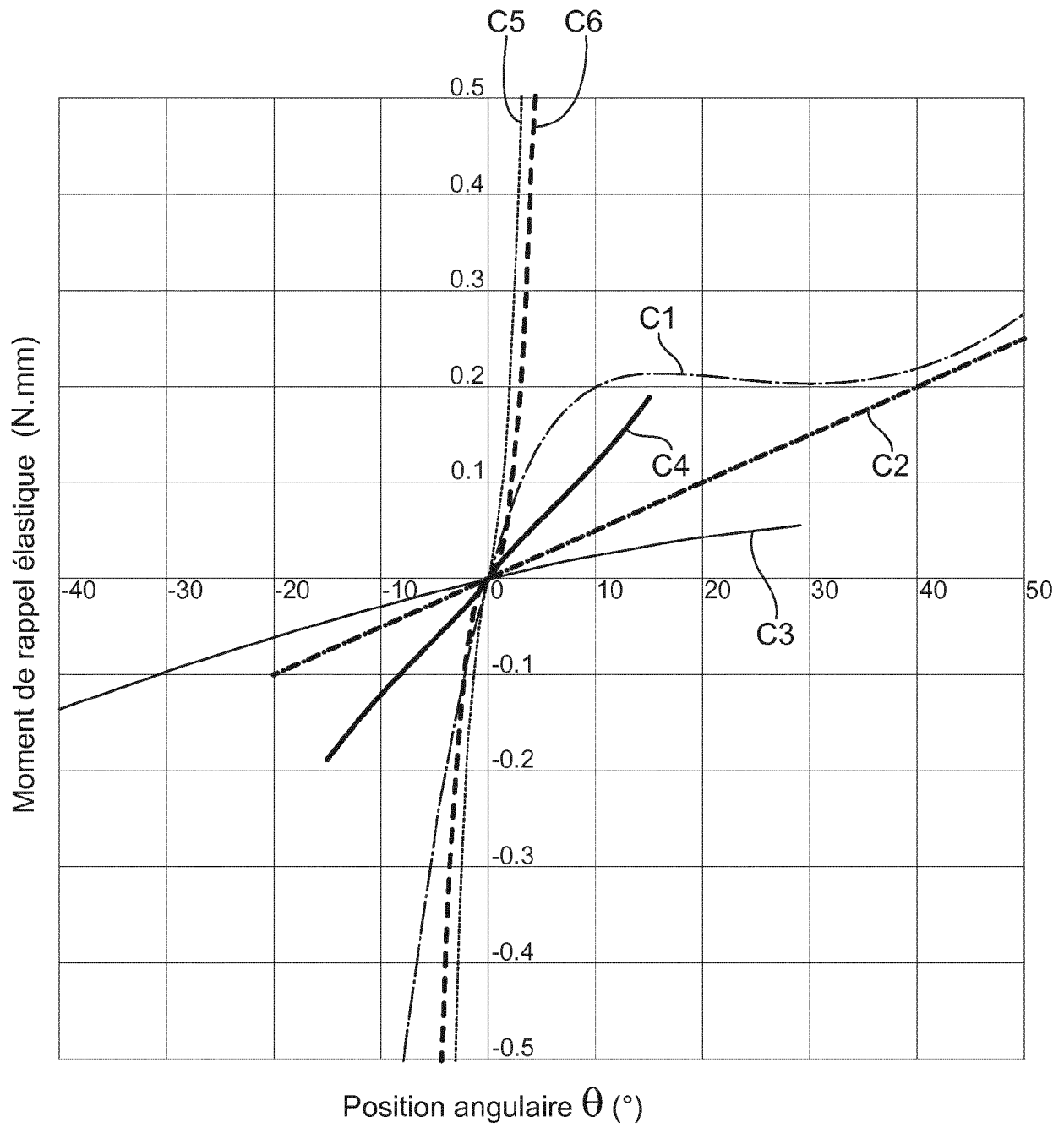


Fig.10





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 18 18 4528

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 2 799 938 A1 (AUDEMARS PIGUET RENAUD ET PAPI SA [CH]) 5 novembre 2014 (2014-11-05)	1,15	INV.
A	* abrégé *	2-14	G04B11/00
	* colonnes 7,17-23 *		G04B19/02
	* alinéa [0036] *		
X,D	EP 2 166 419 A1 (AGENHOR SA [CH]) 24 mars 2010 (2010-03-24)	1,15	
A	* abrégé *	2-14	
A,D	CH 704 147 A2 (NIVAROX SA [CH]) 31 mai 2012 (2012-05-31)	1-15	
	* abrégé; figure 1 *		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		5 mars 2019	Sigrist, Marion
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 18 18 4528

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.

05-03-2019

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2799938 A1	05-11-2014	EP 2799938 A1	05-11-2014
		EP 2952973 A2	09-12-2015
		ES 2661863 T3	04-04-2018
EP 2166419 A1	24-03-2010	CN 102160003 A	17-08-2011
		EP 2166419 A1	24-03-2010
		HK 1159260 A1	23-08-2013
		JP 5317071 B2	16-10-2013
		JP 2012503187 A	02-02-2012
		US 2011235474 A1	29-09-2011
		WO 2010031631 A1	25-03-2010
CH 704147 A2	31-05-2012	AUCUN	

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 2166419 A [0002] [0020]
- CH 709914 [0003] [0008] [0052] [0057]
- CH 704147 [0003] [0008] [0052]
- WO IB2018052645 W [0014] [0020]
- WO IB2018052646 W [0014] [0020]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **CHAO-CHIEH LAN et al.** Design of adjustable constant-force forceps for robot-assisted surgical manipulation. *2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Shanghai International Conference Center*, 09 Mai 2011 [0032]
- **CHIA-WEN HOU.** Functional joint mechanisms with constant torque outputs. *Mechanism and machine theory*, 2013, vol. 62, 166-181 [0055]