



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

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

(51) Int Cl.:
G04B 19/02 (2006.01) G04B 19/243 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18184530.6**

(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: **TANNER, Samuel**
01220 DIVONNE-LES-BAINS (FR)

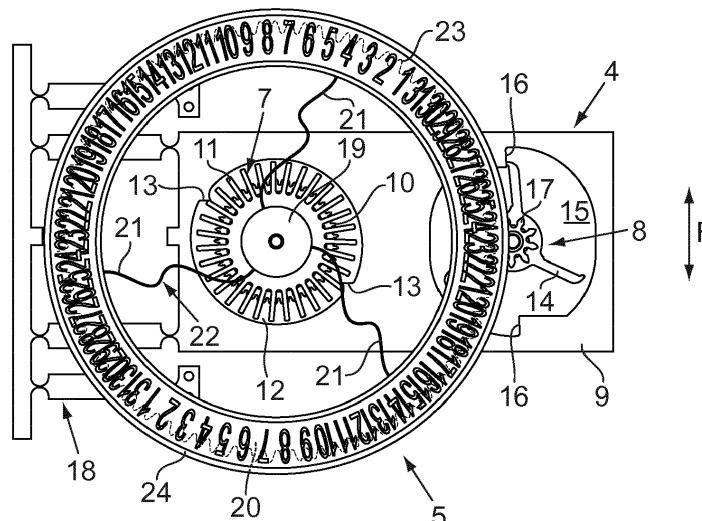
(74) Mandataire: **Micheli & Cie SA**
Rue de Genève 122
Case Postale 61
1226 Genève-Thônex (CH)

(54) **MECANISME HORLOGER A ORGANE SAUTANT**

(57) L'invention concerne un mécanisme horloger (1) comprenant un organe moteur (2), un organe régulateur (6) pour réguler l'organe moteur (2), un organe sautant (20, 24), un ressort d'actionnement (22), un ou plusieurs engrenages (3, 10) entre l'organe moteur (2) et le ressort d'actionnement (22) et un dispositif d'armage et de blocage (4) permettant un armage continu du ressort d'actionnement (22) par l'organe moteur (2) via le ou les engrenages (3, 10) et un désarmage périodique du ressort d'actionnement (22). Le ressort d'actionnement (22) fait effectuer un saut à l'organe sautant (20,

24) à chacun de ses désarmages. Le ressort d'actionnement (22) 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 d'actionnement (22) est pré-armé d'une valeur θ_{arm} incluse dans la plage $[\theta_a, \theta_b]$ et le mécanisme horloger (1) est agencé pour que, pendant son fonctionnement, l'angle d'armage du ressort d'actionnement (22) reste dans la plage $[\theta_a, \theta_b]$.

Fig.2



Description

[0001] La présente invention concerne un mécanisme horloger à organe sautant, en particulier pour l'affichage instantané d'une grandeur temporelle telle que le quantième.

[0002] On connaît dans l'horlogerie des mécanismes d'affichage instantané comprenant une came escargot contre laquelle s'appuie une bascule sous l'action d'un ressort de rappel appliqué contre la bascule. Le ressort de rappel est une lame en forme de V, de U ou de spirale. A chaque tour de rotation de la came, la bascule glisse de la partie basse vers la partie haute de la came, ce qui arme progressivement le ressort de rappel, puis la bascule chute de ladite partie haute à ladite partie basse, ce mouvement brusque, considéré comme instantané, étant utilisé pour actionner un indicateur tel qu'une aiguille associée à une graduation ou un disque portant des indications et coopérant avec un guichet. Les demandes de brevet CH 702137 et EP 2241944, par exemple, décrivent de tels mécanismes pour un compteur de minutes.

[0003] On connaît aussi d'autres mécanismes, par exemple ceux décrits dans les documents CH 524847 et EP 2799938, dans lesquels un ressort spiral a une de ses extrémités qui est reliée cinématiquement à un organe moteur pour un armage continu du ressort spiral par l'organe moteur et son autre extrémité qui est libérée périodiquement par un dispositif de blocage pour un désarmage périodique du ressort spiral, chaque désarmage ayant pour effet d'actionner un organe indicateur sautant.

[0004] Tous ces mécanismes ont pour inconvénient que le couple à produire pour armer le ressort varie en fonction du temps. Il faut en effet vaincre la force du ressort qui augmente linéairement avec son degré d'armage. Cette variation de couple affecte la régularité des oscillations de l'organe régulateur de la montre et donc la précision de la mesure.

[0005] La présente invention vise à remédier à cet inconvénient ou au moins à l'atténuer et propose à cette fin un mécanisme horloger comprenant un organe moteur, un organe régulateur pour réguler l'organe moteur, un organe sautant, un ressort d'actionnement, un ou plusieurs engrenages entre l'organe moteur et le ressort d'actionnement et un dispositif d'armage et de blocage permettant un armage continu du ressort d'actionnement par l'organe moteur via le ou les engrenages et un désarmage périodique du ressort d'actionnement, le ressort d'actionnement faisant effectuer un saut à l'organe sautant à chacun de ses désarmages, caractérisé en ce que le ressort d'actionnement 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 d'actionnement 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 d'actionnement reste dans la plage $[\theta_a, \theta_b]$.

[0006] La présente invention propose également une pièce d'horlogerie, telle qu'une pendulette, une montre-bracelet ou une montre de poche, comprenant ce mécanisme horloger.

[0007] 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 un schéma-bloc d'un mécanisme horloger à organe sautant selon l'invention ;
- la figure 2 une vue de dessus d'un dispositif d'armage et de blocage et d'une roue flexible du mécanisme horloger à organe sautant selon l'invention ;
- la figure 3 est une vue de dessus de la roue flexible seule, comprenant un moyeu et une serge reliés par un ressort d'actionnement ;
- la figure 4 est une représentation graphique schématisant l'allure de la courbe d'évolution du moment de rappel élastique exercé par le ressort d'actionnement dans la roue flexible ;
- la figure 5 représente les coordonnées de points définissant une forme particulière de bras élastique pour le ressort d'actionnement ;
- la figure 6 est une représentation graphique du moment de rappel élastique exercé par le ressort d'actionnement dans la roue flexible comprenant des bras élastiques de forme telle que représentée à la figure 5 ;
- la figure 7 est une représentation graphique d'un moment de rappel élastique normalisé exercé par le ressort d'actionnement dans la roue flexible illustrée à la figure 3 selon différentes variantes des bras élastiques du ressort d'actionnement, 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 8 est une représentation graphique d'un moment de rappel élastique normalisé exercé par le ressort d'actionnement dans la roue flexible illustrée à la figure 3 selon deux variantes des bras élastiques du ressort d'actionnement, 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 ;

[0008] La figure 1 est un schéma-bloc d'un mécanisme horloger 1 selon l'invention, à organe sautant, pour une pièce d'horlogerie telle qu'une pendulette, une montre-bracelet ou une montre de poche. Le mécanisme horloger 1 forme ou fait partie d'un mouvement horloger. Il comprend un organe moteur 2, un rouage 3 entraîné par l'organe moteur 2, un

dispositif d'armage et de blocage 4 actionné par le rouage 3 et une roue flexible 5 actionnée par le dispositif d'armage et de blocage 4.

[0009] L'organe moteur 2 est typiquement sous la forme d'un ou plusieurs ressorts de barillet logé(s) dans un ou plusieurs barillets respectifs. La rotation du rouage 3 et du ou des barillets est régulée de manière classique par un organe régulateur 6, par exemple à échappement et balancier-spiral. L'organe moteur 2, le rouage 3 et l'organe régulateur 6 sont classiques et ne seront donc pas décrits plus en détail.

[0010] Le dispositif d'armage et de blocage 4 est représenté à la figure 2. Il comprend un mobile d'armage 7, un mobile de blocage 8 et un cadre mobile 9. Une roue 10 du mobile d'armage 7 engrène avec le rouage 3 et est entraînée en continu par ce dernier. Une étoile 11 du mobile d'armage 7, coaxiale et solidaire en rotation de la roue 10, est située dans une première ouverture à contour fermé 12 du cadre mobile 9 et constitue un organe rotatif d'entraînement coopérant avec deux éléments d'entraînement 13 diamétralement opposés formés dans la paroi de l'ouverture 12. Une étoile 14 du mobile de blocage 8 est située dans une deuxième ouverture à contour fermé 15 du cadre mobile 9 et constitue un organe rotatif de blocage coopérant avec deux éléments d'arrêt 16 diamétralement opposés formés dans la paroi de l'ouverture 15. Cette étoile 14 est coaxiale et solidaire en rotation d'un pignon 17 faisant partie du mobile de blocage 8. Le cadre mobile 9 est guidé en translation suivant la double flèche F par un dispositif de guidage flexible 18 avec lequel il forme de préférence une pièce monobloc. Le cadre mobile 9 pourrait toutefois être guidé en rotation. L'ensemble 9, 11, 14 forme un dispositif de blocage 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.

[0011] La roue flexible 5 est représentée aux figures 2 et 3. Elle comprend un moyeu 19 coaxial et solidaire en rotation du mobile d'armage 7, une serge 20 et des bras ou lames élastiques 21 uniformément répartis autour du moyeu 19 et reliant le moyeu 19 à la serge 20. La serge 20 est ainsi suspendue au moyeu 19, et guidée en rotation par rapport au moyeu 19, par les bras élastiques 21. Ces derniers forment ensemble un ressort d'actionnement 22 capable d'emmagasiner de l'énergie mécanique en se tendant (par une rotation du moyeu 19 par rapport à la serge 20 dans un sens, à savoir le sens horaire de la figure 2 ou 3) et de la restituer en se détendant (par une rotation de la serge 20 par rapport au moyeu 19 dans le même sens). Les extrémités respectives des bras élastiques 21 jointes au moyeu 19 constituent ensemble une extrémité d'armage du ressort d'actionnement 22. Les extrémités respectives des bras élastiques 21 jointes à la serge 20 constituent ensemble une extrémité de délivrance de couple du ressort d'actionnement 22. La roue flexible 5 comprend en outre une denture extérieure 23 solidaire de la serge 20. Cette denture 23 engrène avec le pignon 17 du mobile de blocage 8.

[0012] La roue flexible 5 est de préférence monobloc. Elle est par exemple en métal, alliage, silicium (typiquement revêtu d'oxyde de silicium), plastique, verre minéral ou verre métallique. Elle peut être réalisée par usinage ou par la technique LIGA, notamment dans le cas où elle est faite d'un métal ou alliage, par gravure ionique réactive profonde dite DRIE, notamment dans le cas où elle est faite en silicium, par moulage, notamment dans le cas où elle est faite en plastique ou verre métallique, ou par découpe laser, notamment dans le cas où elle est en verre minéral.

[0013] Un disque d'affichage 24 est fixé, par exemple collé, sur la serge 20. Dans l'exemple représenté, le disque d'affichage 24 est un disque d'affichage de quantième portant deux séries d'indications « 1 » à « 31 » et la serge 20 et le disque d'affichage 24 effectuent ensemble de manière sautante, avec un saut par jour, un tour en deux mois. Les indications portées par le disque d'affichage 24 sont successivement visibles à travers un guichet d'un cadran de la pièce d'horlogerie. Le disque d'affichage 24 pourrait être monobloc avec la roue flexible 5.

[0014] Le fonctionnement du mécanisme horloger 1 est le suivant.

[0015] Le mobile d'armage 7 et avec lui le moyeu 19 tournent continûment, selon un rythme déterminé par les oscillations de l'organe régulateur 6, dans le sens horaire de la figure 2 sous l'action de l'organe moteur 2 exercée via le rouage 3. Ce faisant, ils arment continûment le ressort d'actionnement 22. La plupart du temps, le mobile de blocage 8, qui est sous tension de par le couple exercé par le ressort d'actionnement 22, est bloqué par l'un des éléments d'arrêt 16 contre lequel s'appuie une des branches de l'étoile 14, ce qui maintient immobile la serge 20 et donc l'extrémité de délivrance de couple du ressort d'actionnement 22.

[0016] La serge 20 est libérée périodiquement à des instants qui sont déterminés par la rencontre entre l'étoile 11 du mobile d'armage 7 et chacun des éléments d'entraînement 13. Dès qu'une branche de l'étoile 11 entre en contact avec l'un des éléments d'entraînement 13, elle coopère avec celui-ci pour déplacer le cadre mobile 9 afin de désengager l'étoile 14 du mobile de blocage 8 de l'élément d'arrêt 16 contre lequel ils s'appuyaient. Sous l'action du ressort d'actionnement 22, la serge 20 et le mobile de blocage 8 se mettent à tourner brusquement jusqu'à ce qu'une autre branche de l'étoile 14 vienne s'appuyer sur l'autre élément d'arrêt 16. Pendant ce déplacement brusque, considéré comme instantané par rapport au mouvement du rouage 3 et du mobile d'armage 7, l'indication visible à travers le guichet est remplacée par la suivante et le ressort d'actionnement 22 se désarme partiellement.

[0017] Les différents rapports d'engrenages dans le mécanisme horloger 1 et le nombre de branches de chacune des étoiles 11 et 14 sont choisis pour que le ressort d'actionnement 22 accumule entre deux désarmages successifs (deux sauts successifs de la serge 20) la même quantité d'énergie que celle libérée à chaque désarmage.

[0018] Le mécanisme horloger 1 tel que décrit ci-dessus et illustré aux figures 1 et 2 est un exemple de réalisation.

De nombreuses variantes sont possibles.

[0019] Par exemple, le mécanisme horloger 1 pourrait être adapté pour faire afficher par le disque d'affichage 24 une autre grandeur que le quantième, telle que le mois, le jour de la semaine, l'heure, la minute ou la seconde.

[0020] Le mobile d'armage 7 pourrait être relié cinématiquement au moyeu 19 d'une autre manière qu'en étant solidaire en rotation de celui-ci, par exemple par l'intermédiaire d'un ou plusieurs engrenages. Le mobile de blocage 8 pourrait être relié cinématiquement à la serge 20 par plus d'un engrenage. Une autre modification pourrait consister à faire engrener directement l'organe moteur 2 avec la roue 10.

[0021] Le dispositif d'armage et de blocage 4 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 d'autres dispositifs d'armage et de blocage, tels que celui décrit dans la demande de brevet EP 2799938 ou même des dispositifs d'armage et de blocage ne permettant qu'un déplacement semi-instantané (en partie traînant, en partie sautant) du disque d'affichage.

[0022] Au lieu d'être constitué par la serge 20 et le disque d'affichage 24, l'organe sautant du mécanisme horloger 1 pourrait être constitué par le moyeu 19. Le moyeu 19 serait alors coaxial et solidaire en rotation du mobile de blocage 8 tandis que le pignon 17 qui engrène avec la denture 23 que porte la serge 20 serait coaxial et solidaire en rotation du mobile d'armage 7. Le nombre de branches de chacune des étoiles 11 et 14 serait adapté en conséquence. Une telle variante, où le ressort d'actionnement 22 est armé par la serge 20 et désarmé par le moyeu 19, peut servir notamment à afficher une grandeur au moyen d'une aiguille solidaire en rotation du moyeu 19. L'aiguille peut, par exemple, être une aiguille de seconde morte.

[0023] Dans tous les cas, selon la présente invention, les bras élastiques 21 qui constituent le ressort d'actionnement 22 sont conformés spécialement pour améliorer la constance du couple ou moment de rappel élastique exercé par ce ressort d'actionnement 22, et donc la constance du couple nécessaire pour armer en continu ce ressort d'actionnement 22, et améliorer ainsi la régularité des oscillations de l'organe régulateur 6.

[0024] Pour la compréhension de l'invention, le comportement de la roue flexible 5, considérée isolément, c'est-à-dire libre de toute interaction avec le mobile d'armage 7 et avec le mobile de blocage 8, est décrit ci-dessous. La figure 3 représente cette roue flexible 5 isolée.

[0025] La roue flexible 5 isolée montrée à la figure 3 présente, en raison de la forme de ses bras élastiques 21, un sens de rotation privilégié de sa serge 20 par rapport à son moyeu 19, ce sens étant défini comme celui qui permet, à partir de son état de repos, le plus grand déplacement angulaire relatif de sa serge 20 par rapport à son moyeu 19. Ce sens de rotation privilégié est le sens horaire à la figure 3.

[0026] La roue flexible 5 isolée peut être armée par rotation de sa serge 20 par rapport à son moyeu 19 d'un angle θ dans son sens de rotation privilégié, l'angle $\theta = 0^\circ$ correspondant à la position de repos de la roue flexible 5 isolée, c'est-à-dire à la position dans laquelle le ressort d'actionnement 22 est au repos (n'exerce aucun moment de rappel élastique). Lors d'un tel armage, le ressort d'actionnement 22 se déforme pour exercer un moment de rappel $M(\theta)$ dépendant de la position θ de la serge 20 par rapport au moyeu 19, tendant à faire pivoter la serge 20 par rapport au moyeu 19 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.

[0027] Lorsque la serge 20 est dans la position angulaire dans laquelle l'angle θ est égal à x° , on dit que la roue flexible 5 ou le ressort d'actionnement 22 est armé de x° .

[0028] Le ressort d'actionnement 22 est conçu, notamment de par sa forme, pour exercer, dans la roue flexible 5, un moment de rappel élastique $M(\theta)$ sensiblement constant sur une plage de positions angulaires $[\theta_a, \theta_b]$ de la serge 20 par rapport au moyeu 19 d'au moins 10° , de préférence d'au moins 15° , de préférence d'au moins 20° , de préférence d'au moins 25° .

[0029] 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.

[0030] Plus précisément, soient respectivement $M_{\min}$ et $M_{\max}$ les valeurs des moments minimum et maximum exercés par le ressort d'actionnement 22 dans la roue flexible 5 isolée sur une plage donnée de positions angulaires de la serge 20 par rapport au moyeu 19, le moment exercé par le ressort d'actionnement 22 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.

[0031] 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 20 par rapport au moyeu 19. 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 d'actionnement 22 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 $\theta = \theta_{\text{limite}}$. Cette valeur M_{limite} dépend des propriétés du matériau dans lequel le ressort d'actionnement 22 est réalisé et est atteinte lorsque le ressort d'actionnement 22 subit la contrainte maximale qu'il peut supporter.

[0032] 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 : « $(M_{\text{max}} - M_{\text{min}}) / ((M_{\text{max}} + M_{\text{min}}) / 2) < 0,05$ » 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.

[0033] Dans le mécanisme horloger 1, le ressort d'actionnement 22 est pré-armé d'une valeur θ_{arm} incluse dans la plage $[\theta_a, \theta_b]$ et les rapports d'engrenages et les nombres de branches des étoiles 11 et 14 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. Plus la valeur de pré-armage θ_{arm} choisie est proche de la valeur θ_a plus la plage de fonctionnement du ressort d'actionnement 22 pourra être grande. Chaque désarmage du ressort d'actionnement 22 ramène l'angle d'armage θ à la valeur θ_{arm} .

[0034] Pour obtenir l'allure non linéaire de la courbe $M(\theta)$ représentée à la figure 4, les bras élastiques 21 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.

[0035] 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.

[0036] 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.

[0037] La forme géométrique de chacun des bras élastiques 21 du ressort d'actionnement 22 est une courbe de Bézier dont les points de contrôle ont été optimisés pour prendre en compte, notamment, les dimensions de la roue flexible 5 à concevoir ainsi que la contrainte « $(M_{\text{max}} - M_{\text{min}}) / ((M_{\text{max}} + M_{\text{min}}) / 2) \leq 0,05$ » recherchée. L'inéquation « $(M_{\text{max}} - M_{\text{min}}) / ((M_{\text{max}} + M_{\text{min}}) / 2) \leq 0,05$ » correspond à une constance du moment de rappel élastique de 5% sur une plage angulaire $[\theta_{a_5\%}, \theta_{b_5\%}]$.

[0038] Plus précisément, la forme géométrique de chacun des bras élastiques 21 est définie par l'ensemble des points

$$\sum_{i=0}^n B_i^n(t) \cdot Q_i,$$

avec $t \in [0, 1]$,

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

$$B_i(t) = \frac{(m-1)!}{i!(m-1-i)!} t^i (1-t)^{m-i-1}$$

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 .

[0039] 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.

[0040] En utilisant ce principe, la demanderesse a conçu une roue flexible 5 particulière comprenant trois bras élastiques 21 répartis uniformément autour du moyeu 19. Cette roue flexible 5 correspond à celle représentée dans les figures. Les dimensions de cette roue flexible 5 sont les suivantes :

Diamètre de tête de la denture :	26,12 mm
Diamètre extérieur du moyeu :	4 mm
Diamètre intérieur de la serge :	20 mm
Hauteur :	0,2 mm
Epaisseur des bras élastiques :	90 μ m
Longueur curviligne de chaque bras :	9,82 mm

[0041] 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	1,51325	1,30775
Q_1	3,7465	3,238
Q_2	5,625	-1,1825
Q_3	6,875	0,907
Q_4	7,5	2,06575
Q_5	8,75	0
Q_6	10	0

[0042] 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 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 .

[0043] 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]
1,51325	1,30775
1,68007363	1,44081204
1,84553716	1,55126447
2,00961079	1,64031297
2,17226475	1,70916325

EP 3 598 243 A1

(suite)

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

x [mm]	y [mm]
2,33346924	1,759021
2,49319447	1,79109191
2,65141065	1,80658168
2,808088	1,806696
2,96319672	1,79264057
3,11670703	1,76562109
3,26858914	1,72684325
3,41881325	1,67751275
3,56734958	1,61883528
3,71416834	1,55201653
3,85923975	1,47826221
4,002534	1,398778
4,14402132	1,31476961
4,28367191	1,22744272
4,42145598	1,13800304
4,55734375	1,04765625
4,69130543	0,95760806
4,82331122	0,86906416
4,95333134	0,78323024
5,081336	0,701312
5,20729541	0,62451514
5,33117978	0,55404534
5,45295932	0,49110832
5,57260425	0,43690975
5,69008477	0,39265534
5,80537109	0,35955078
5,91843343	0,33880177
6,029242	0,331614
6,137767	0,33919317
6,24397866	0,36274497
6,34784717	0,4034751
6,44934275	0,46258925
6,54843561	0,54129312
6,64509597	0,64079241
6,73929403	0,7622928
6,831	0,907
6,93563488	1,05729003
7,048549	1,16318025

(suite)

x [mm]	y [mm]
7,16930663	1,22863834
7,297472	1,257632
7,43260938	1,25412891
7,574283	1,22209675
7,72205713	1,16550322
7,875496	1,088316
8,03416388	0,99450278
8,197625	0,88803125
8,36544363	0,77286909
8,537184	0,652984
8,71241038	0,53234366
8,890687	0,41491575
9,07157813	0,30466797
9,254648	0,205568
9,43946088	0,12158353
9,625581	0,05668225
9,81257263	0,01483184
10	0

[0044] Le graphique de la figure 5 fait apparaître la géométrie du diamètre externe du moyeu 19, du diamètre interne de la serge 20 et d'un des bras élastiques 21 de la roue flexible 5 que la demanderesse a conçue, 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.

[0045] La figure 6 représente les résultats d'une simulation de l'évolution du moment de rappel élastique de la roue flexible 5 isolée ainsi réalisée en fonction de la position angulaire θ de sa serge 20 par rapport à son moyeu 19.

[0046] La simulation effectuée considère la roue flexible 5 isolée réalisée en silicium revêtu d'une couche d'oxyde de silicium de 3 μm d'épaisseur, mais tout matériau approprié peut être utilisé. Par exemple des matériaux tels que le Nivaflex® 45/18 (alliage à base de cobalt, nickel et chrome), le CK101 (acier de construction non-allié) ou autres alliages, le plastique, les verres minéraux ou les verres métalliques, par exemple le Vitreloy 1b, conviennent également et permettent l'obtention de roues flexibles dont le moment de rappel élastique est sensiblement constant sur les mêmes plages angulaires $[\theta_a, \theta_b]$.

[0047] La plage angulaire de fonctionnement permettant la délivrance d'un moment sensiblement constant étant une constante liée à la forme des bras élastiques 21, l'angle de fonctionnement θ_b doit être inférieur à l'angle θ_{lim} correspondant à la limite avant plastification ou rupture du ressort d'actionnement 22. Cela permet de définir l'épaisseur maximale qu'il est possible de réaliser sur les bras.

[0048] Il ressort de l'analyse des résultats présentés à la figure 6 qu'une constance de 2,5% du moment de rappel élastique est obtenue pour un déplacement angulaire de la serge 20 de la roue flexible 5 étudiée par rapport à son moyeu 19 compris entre $\theta_{a,2,5\%}$, soit 13° , et $\theta_{b,2,5\%}$, soit 31° , soit sur une plage de fonctionnement de 18° . La roue flexible 5 ainsi réalisée possède donc une plage de fonctionnement à moment constant (pour une constance de 2,5%) de 18° . Si l'on accepte une constance de 9,5% du moment de rappel élastique alors la roue flexible 5 ainsi réalisée possède une plage de fonctionnement à moment constant d'environ 23° , avec $\theta_{a,9,5\%} \approx 10,5^\circ$ et $\theta_{b,9,5\%} \approx 33,5^\circ$.

[0049] 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 la roue flexible 5 réalisée 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 $\Delta\theta$ (°)	$M_{\min}$	$M_{\max}$	Pourcentage de constance y (%)
13,5	30,5	17	1,510	1,534	1,6
13	31	18	1,502	1,539	2,5
12,5	31,5	19	1,492	1,543	3,5
12	32	20	1,480	1,548	4,6
10,5	33,5	23	1,432	1,568	9,5

[0050] En augmentant le nombre de points de contrôle lors de la conception des bras élastiques 21, on devrait pouvoir augmenter la précision de la forme de ces bras élastiques 21 et améliorer ainsi la constance du moment de rappel.

[0051] Il est aussi possible d'améliorer la constance du moment de rappel en concevant les bras élastiques 21 avec une section variable. La figure 7 montre différentes courbes représentatives d'un moment de force $M(\theta)$ normalisé exercé par la roue flexible 5 isolée en fonction de la position angulaire θ de sa serge 20 par rapport à son moyeu 19 (angle d'armage) pour différentes variations de section des bras élastiques 21. La courbe la plus haute, désignée par A1, correspond à des bras élastiques 21 de section constante et d'épaisseur 30 μm . Les courbes situées au-dessous de la courbe A1 correspondent à des bras élastiques 21 dont l'épaisseur diminue linéairement du moyeu 19 à la serge 20, l'épaisseur au point de jonction avec le moyeu 19 étant de 30 μm pour chaque courbe, l'épaisseur au point de jonction avec la serge 20 étant de 29 μm pour la courbe A2, de 28 μm pour la courbe A3 et de 27 μm 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°.

[0052] D'autres modes de variation de la section des bras élastiques 21 peuvent être envisagés. La figure 8 montre deux courbes B1 et B2 représentatives d'un moment de force $M(\theta)$ normalisé exercé par la roue flexible 5 isolée en fonction de la position angulaire θ de sa serge 20 par rapport à son moyeu 19 (angle d'armage) pour différentes formes de section des bras élastiques 21. La courbe la plus haute, B1, correspond à des bras élastiques 21 de section constante et d'épaisseur 30 μm . La courbe B2 correspond à des bras élastiques 21 dont l'épaisseur diminue linéairement du moyeu 19 au milieu du bras puis augmente linéairement du milieu du bras à la serge 20, l'épaisseur aux points de jonction avec le moyeu 19 et avec la serge 20 étant de 30 μm , l'épaisseur au milieu du bras étant de 29 μm . 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°.

[0053] De manière générale, dans les cas où les bras élastiques 21 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 21 mais de section constante.

[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.

[0055] Il est par exemple très bien envisageable de réaliser une roue flexible 5 avec des bras élastiques 21 de formes différentes de celles représentées dans les figures et/ou dont le nombre de bras élastiques 21 est différent de celui représenté dans les figures. Les bras élastiques 21 peuvent notamment prendre une forme telle que décrite dans 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 21, voire l'inclinaison des bras élastiques 21 par rapport au moyeu 19 (dans le plan de la roue flexible 5), peuvent également être modifiés pour ajuster la valeur du moment de rappel élastique sensiblement constant.

Revendications

1. Mécanisme horloger (1) comprenant un organe moteur (2), un organe régulateur (6) pour réguler l'organe moteur (2), un organe sautant (20, 24), un ressort d'actionnement (22), un ou plusieurs engrenages (3, 10) entre l'organe moteur (2) et le ressort d'actionnement (22) et un dispositif d'armage et de blocage (4) permettant un armage continu du ressort d'actionnement (22) par l'organe moteur (2) via le ou les engrenages (3, 10) et un désarmage périodique du ressort d'actionnement (22), le ressort d'actionnement (22) faisant effectuer un saut à l'organe sautant (20, 24) à chacun de ses désarmages, **caractérisé en ce que** le ressort d'actionnement (22) 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 d'actionnement (22) 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 d'actionnement (22) reste dans la plage $[\theta_a, \theta_b]$.

2. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le moment de rappel élastique produit par le ressort d'actionnement (22) 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 $[\theta_a, \theta_b]$.
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 d'actionnement (22) comprend au moins un bras élastique (21).
5. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le ressort d'actionnement (22) comprend plusieurs dits bras élastiques (21) régulièrement répartis angulairement.
6. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** le ou chaque bras élastique (21) est de forme sinueuse.
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 (21) 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 (21) 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 qu'il** comprend une roue flexible (5) comprenant un moyeu (19), une serge (20) et le ressort d'actionnement (22) reliant le moyeu (19) à la serge (20), et **en ce que** l'organe sautant comprend la serge (20) ou le moyeu (19).
10. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la roue flexible (5) est monobloc.
11. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** le dispositif d'armage et de blocage (4) comprend un organe mobile (9), un organe rotatif d'entraînement (11) relié cinématiquement à l'organe moteur (2) et à une extrémité d'armage du ressort d'actionnement (22) et agencé pour déplacer l'organe mobile (9), un organe rotatif de blocage (14) relié cinématiquement à une extrémité de délivrance de couple du ressort d'actionnement (22) et à l'organe sautant (20, 24), l'organe rotatif de blocage (14) étant bloqué par l'organe mobile (9) et débloqué périodiquement par les déplacements de l'organe mobile (9) causés par l'organe rotatif d'entraînement (11).
12. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** l'organe mobile (9) est mobile en translation.
13. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce que** l'organe mobile (9) comprend des première et deuxième ouvertures à contour fermé (12, 15) avec la paroi desquelles coopèrent respectivement l'organe rotatif d'entraînement (11) et l'organe rotatif de blocage (14).
14. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 11 à 13 lorsqu'elle dépend de la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** l'organe sautant (20, 24) comprend la serge (20) et le moyeu (19) est solidaire en rotation de l'organe rotatif d'entraînement (11).
15. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 11 à 13 lorsqu'elle dépend de la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** l'organe sautant comprend le moyeu (19) qui est solidaire en rotation de l'organe rotatif de blocage (14).
16. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** l'organe sautant

(20, 24) comprend un organe d'affichage (24).

17. Pièce d'horlogerie comprenant un mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 16.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

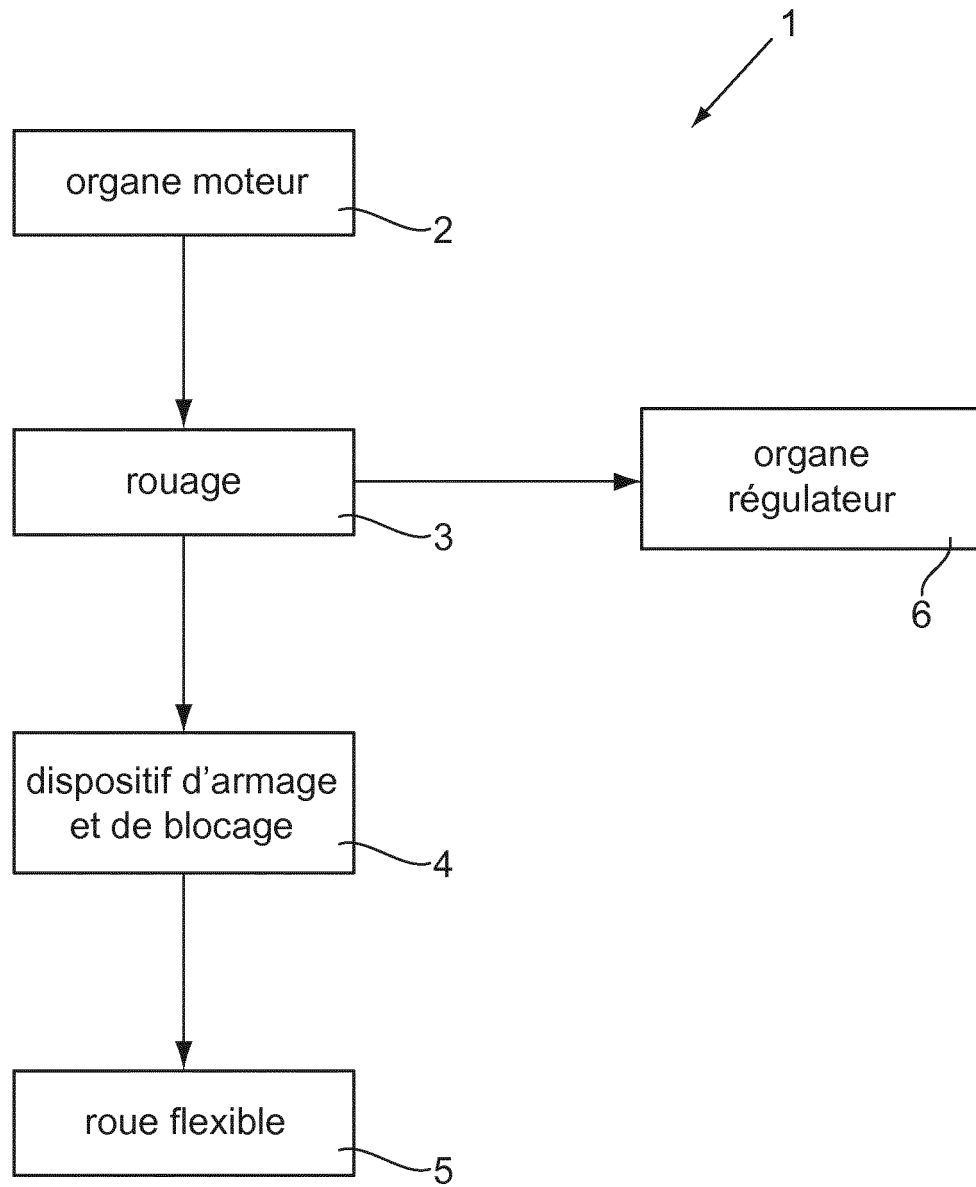


Fig.2

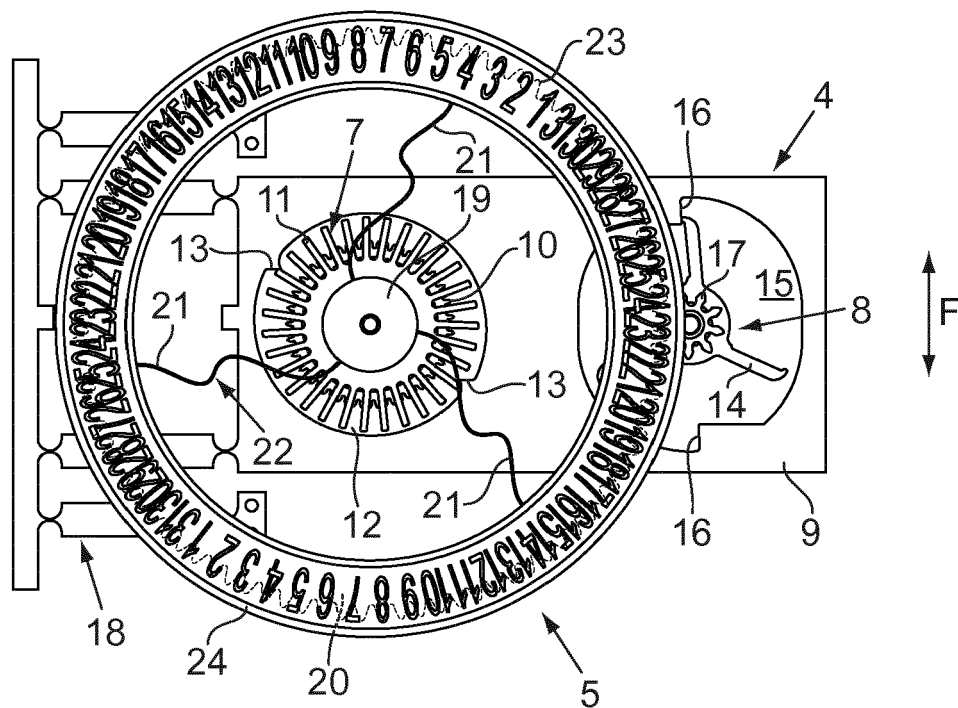


Fig.3

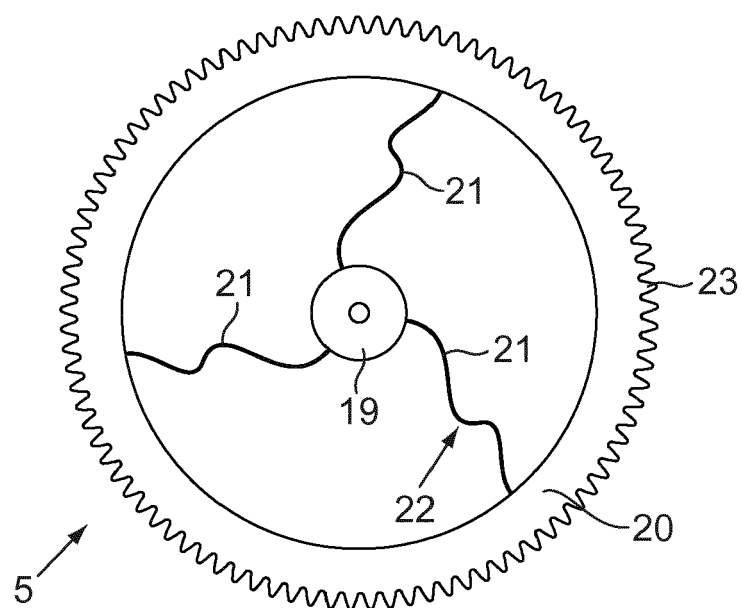


Fig.4

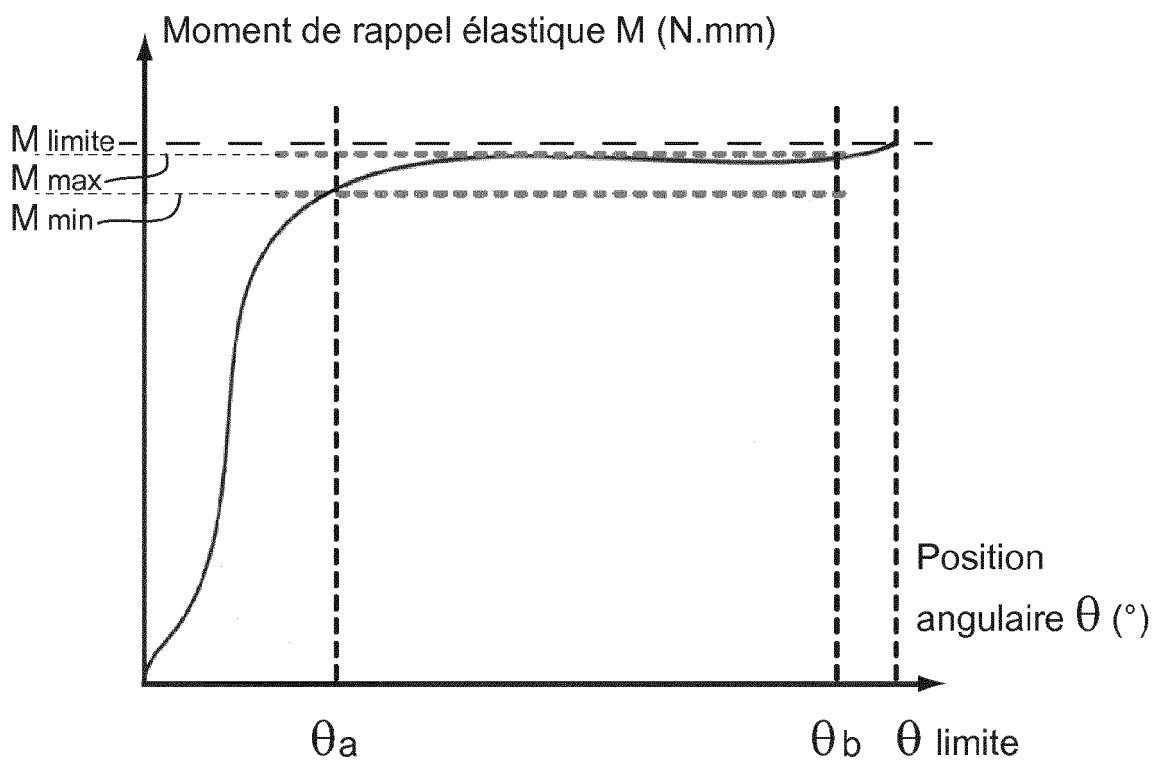


Fig.5

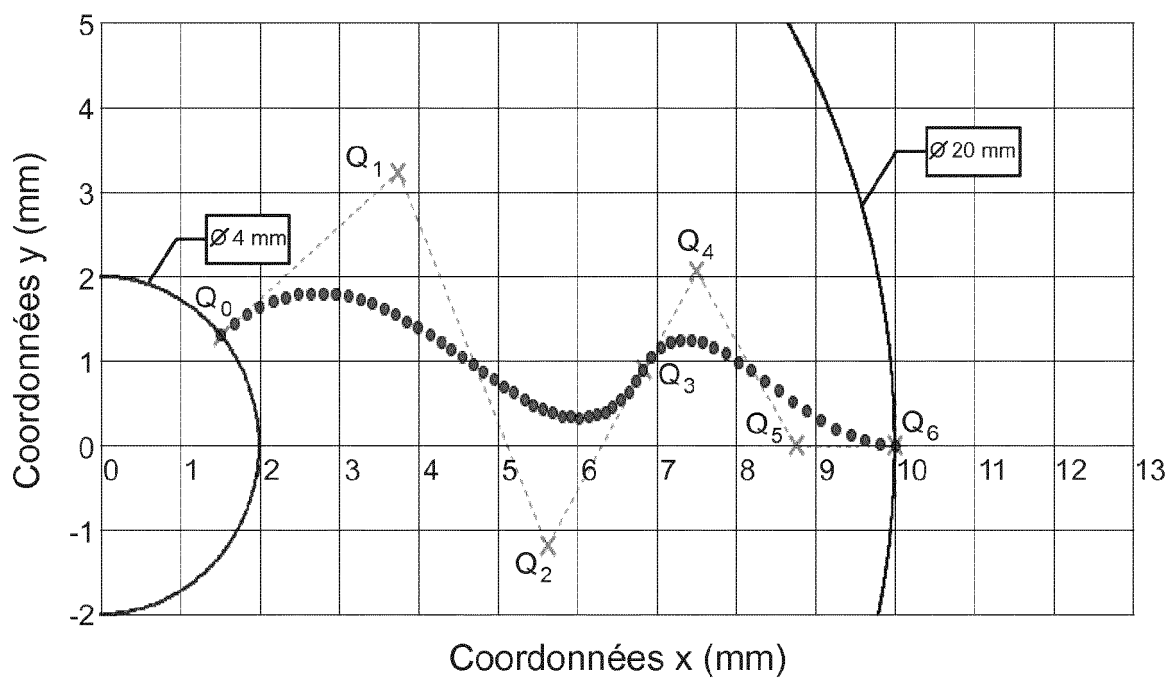


Fig.6

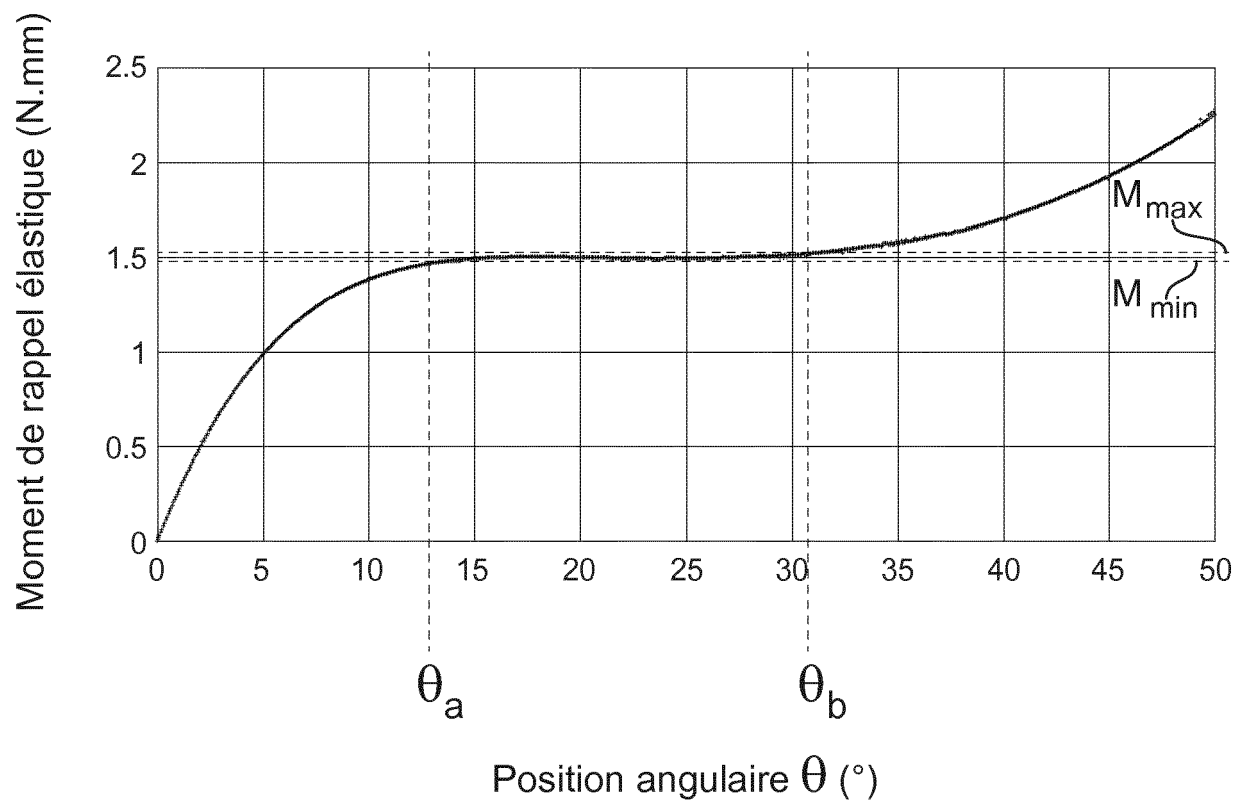


Fig.7

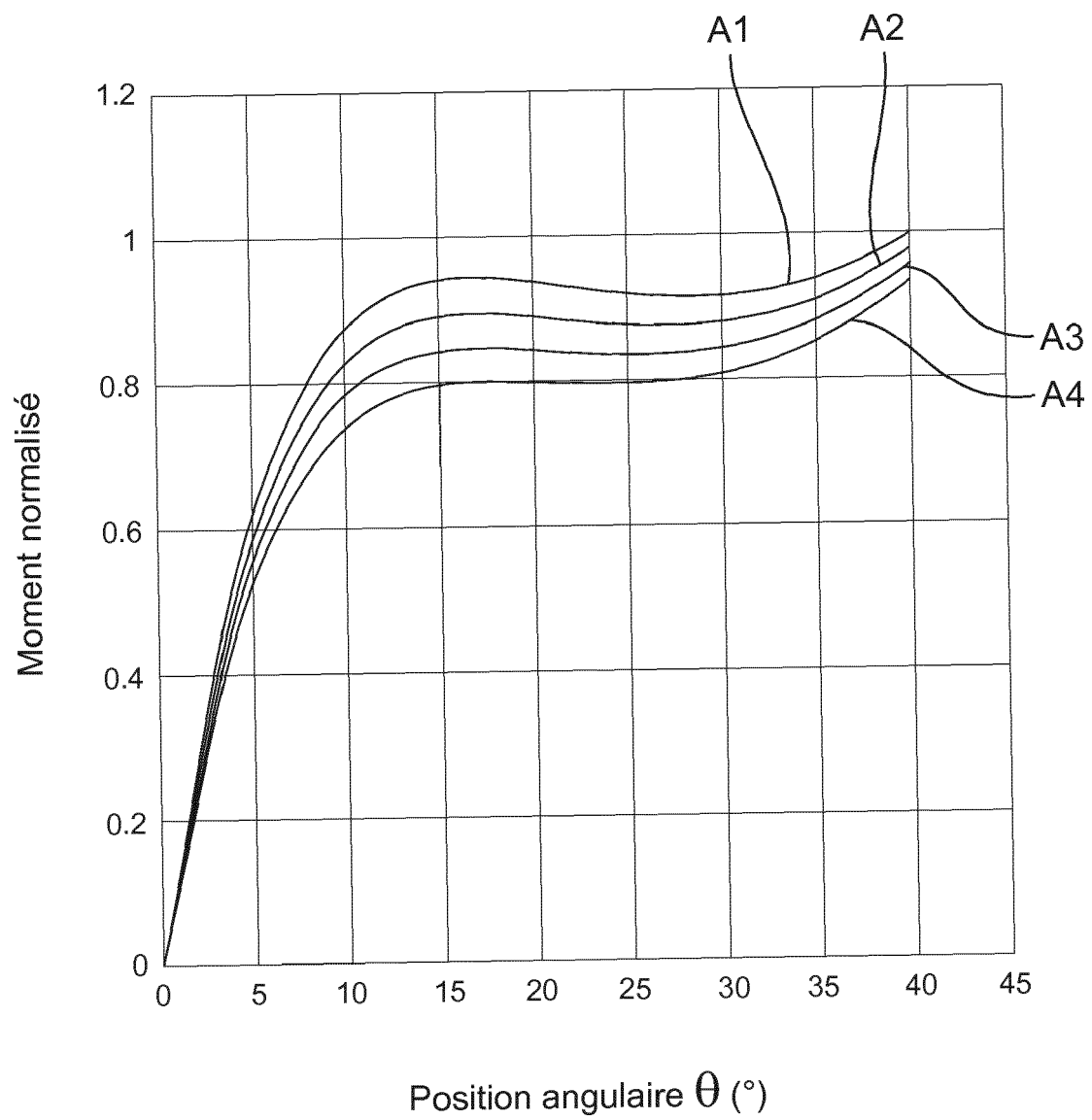
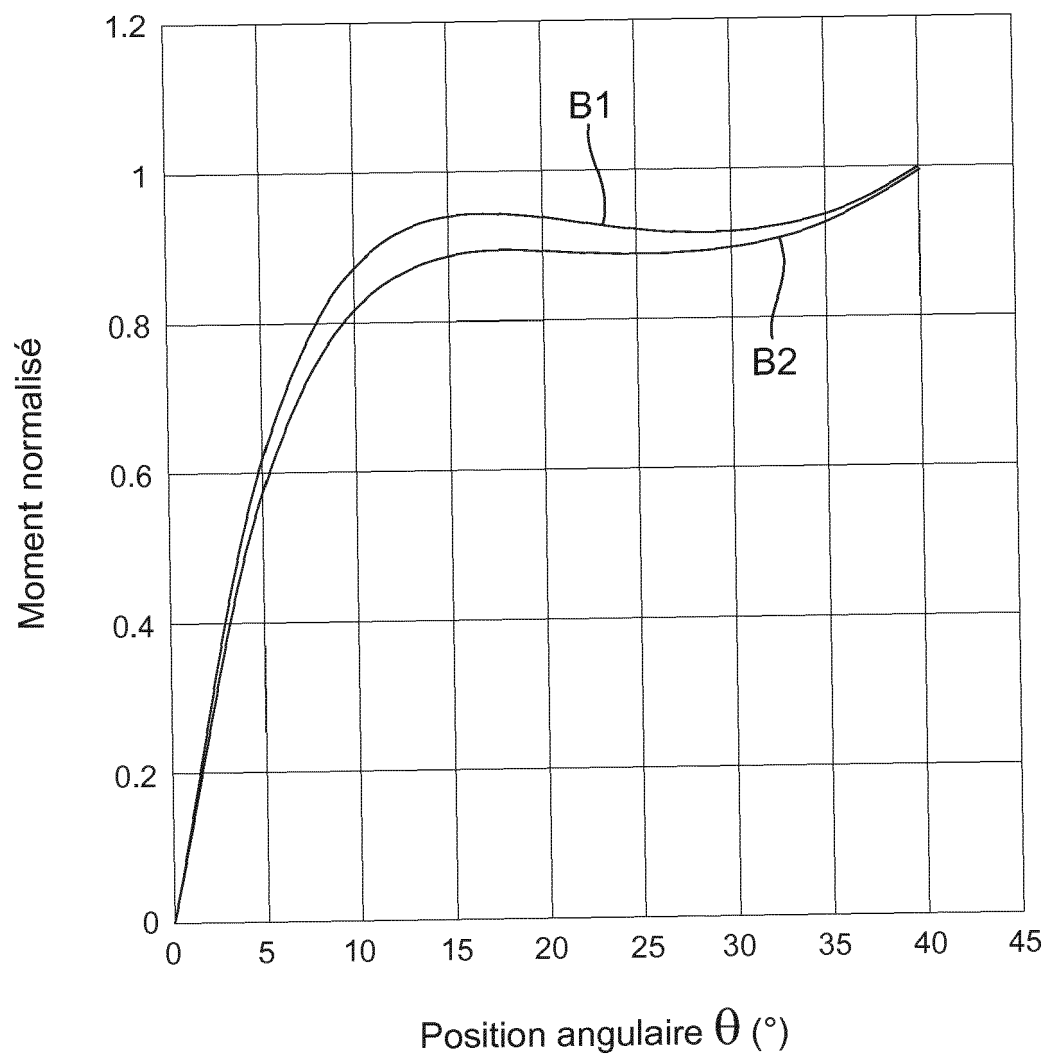


Fig.8





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 18 18 4530

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,D	EP 2 799 938 A1 (AUDEMARS PIGUET RENAUD ET PAPI SA [CH]) 5 novembre 2014 (2014-11-05) * abrégé; figure 1 * * alinéas [0005], [0007], [0036] * -----	1-3,16, 17	INV. G04B19/02 G04B19/243
X	EP 2 894 520 A2 (NIVAROX SA [CH]) 15 juillet 2015 (2015-07-15) * alinéas [0065], [0066]; figures 3,4 * -----	1-3	
			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		23 janvier 2019	Sigrist, Marion
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 18 18 4530

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.

23-01-2019

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 2894520 A2	15-07-2015	CN 103097965 A	08-05-2013
		EP 2596406 A1	29-05-2013
		EP 2894520 A2	15-07-2015
		HK 1185155 A1	20-11-2015
		JP 5551312 B2	16-07-2014
		JP 2013531257 A	01-08-2013
		US 2013176829 A1	11-07-2013
		WO 2012010408 A1	26-01-2012

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- CH 702137 [0002]
- EP 2241944 A [0002]
- CH 524847 [0003]
- EP 2799938 A [0003] [0021]
- WO IB2018052645 W [0010] [0021]
- WO IB2018052646 W [0010] [0021]

Littérature non-brevet citée dans la description

- Design of adjustable constant-force forceps for robot-assisted surgical manipulation. **CHAO-CHIEH LAN et al.** IEEE International Conference on Robotics and Automation. Shanghai International Conference Center, 2011 [0034]
- **CHIA-WEN HOU.** Functional joint mechanisms with constant torque outputs. *Mechanism and machine theory*, 2013, vol. 62, 166-181 [0055]