



(11)

EP 3 598 242 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

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

(51) Int Cl.:
G04B 19/02 (2006.01) **G04B 19/24 (2006.01)**
G04B 11/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18184529.8**

(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

(72) Inventeurs:
• **LE BRIS, Jean-Baptiste**
74970 MARIGNIER (FR)
• **KRÜTTLI, Anthony**
25390 Orchamps-Vennes (FR)

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

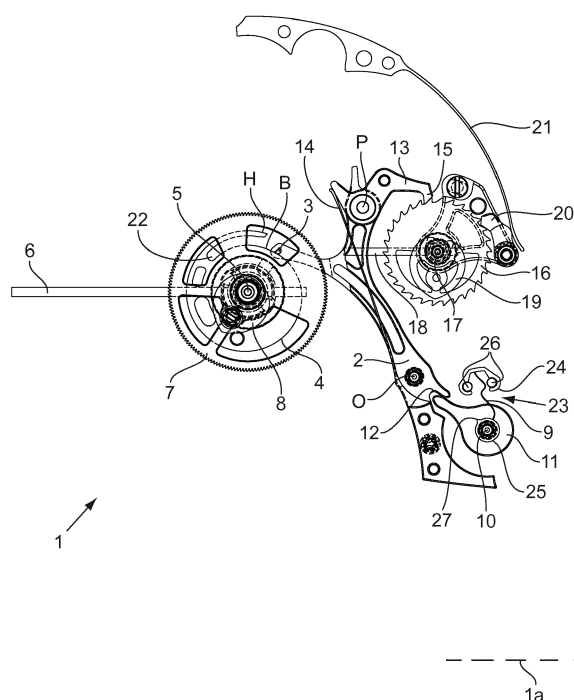
(71) Demandeur: **Patek Philippe SA Genève**
1204 Genève (CH)

(54) **MECANISME HORLOGER A CAME**

(57) Le mécanisme horloger (1) selon l'invention comprend une came (4) destinée à être entraînée en rotation, un suiveur de came (2) et un ressort de rappel (9) agencé pour maintenir le suiveur de came (2) en appui contre la came (4), le ressort de rappel (9) étant agencé

pour travailler dans une plage prédéterminée d'angles d'armage pendant chaque tour de rotation de la came (4). La raideur du ressort de rappel (9) est nulle ou négative dans au moins une partie de la plage prédéterminée.

Fig.1



Description

[0001] La présente invention concerne un mécanisme horloger à came.

[0002] On connaît dans l'horlogerie des mécanismes pour l'entraînement instantané d'un indicateur comprenant une came en spirale dite came escargot ou came limaçon 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] Ces mécanismes ont pour inconvénient que le couple à produire pour faire tourner la came varie en fonction du temps. En effet, le couple résistant exercé par la bascule et son ressort de rappel augmente pendant le déplacement de la bascule de la partie basse vers la partie haute de la came, ceci en raison de la force du ressort de rappel qui augmente linéairement avec son degré d'armage et aussi en raison de la forme en spirale de la came qui accroît le bras de levier de la force appliquée à la came par la bascule.

[0004] Cette variation de couple augmente la consommation d'énergie et affecte la régularité des oscillations de l'organe régulateur de la montre et donc la précision de la mesure.

[0005] Des problèmes similaires se posent avec d'autres types de mécanismes horlogers à came, à action instantanée ou non, par exemple les mécanismes d'affichage rétrograde comprenant une came escargot coopérant avec un râteau, le mécanisme d'affichage instantané de quantième décrit dans la demande de brevet EP 1746470 où la périphérie de la came présente une partie principale en spirale, une partie convexe et une partie concave, ou les mécanismes à came patatoïde tels que les mécanismes d'équation du temps ou d'affichage des heures de lever et de coucher du soleil.

[0006] La présente invention vise à atténuer ces problèmes et propose à cette fin un mécanisme horloger selon la revendication 1, à savoir un mécanisme horloger comprenant une came destinée à être entraînée en rotation, un suiveur de came et un ressort de rappel agencé pour maintenir le suiveur de came en appui contre la came, le ressort de rappel étant agencé pour travailler dans une plage prédéterminée d'angles d'armage pendant chaque tour de rotation de la came, caractérisé en ce que la raideur du ressort de rappel est nulle ou négative dans au moins une partie de la plage prédéterminée.

[0007] Des modes de réalisation particuliers du mécanisme horloger selon l'invention sont définis dans les revendications dépendantes.

[0008] L'invention propose en outre une pièce d'horlogerie, telle qu'une montre-bracelet ou une montre de poche, comprenant ce mécanisme horloger.

[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 plane de dessous d'un mécanisme horloger à came selon un exemple de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une vue plane de dessus d'une pièce du mécanisme horloger selon l'invention comprenant un ressort de rappel ;
- la figure 3 est une vue plane de dessus d'une variante de ladite pièce ;
- la figure 4 est une représentation graphique schématique du moment de rappel élastique exercé dans la pièce illustrée à la figure 2 ;
- la figure 5 représente les coordonnées de points définissant une forme particulière d'un bras élastique constituant le ressort de rappel ;
- la figure 6 est une représentation graphique du moment de rappel élastique exercé dans la pièce illustrée à la figure 2 par le ressort de rappel ayant la forme telle que représentée à la figure 5 ;
- la figure 7 est une représentation graphique d'un moment de rappel élastique normalisé exercé dans la pièce illustrée à la figure 2 par un bras élastique ayant la forme telle que représentée à la figure 5 selon différentes variantes du bras élastique, à savoir un tel bras à section constante (courbe C1) et un tel bras à section variable (autres courbes), la section variant selon un premier mode de variation ;
- la figure 8 est une représentation graphique d'un moment de rappel élastique normalisé exercé dans la pièce illustrée à la figure 2 par un bras élastique ayant la forme telle que représentée à la figure 5 selon différentes variantes du bras élastique, à savoir un tel bras à section constante (courbe C1) et un tel bras à section variable (autres courbes), la section variant selon un deuxième mode de variation.

[0010] A la figure 1 est représenté un mécanisme horloger 1 selon un exemple de réalisation de l'invention, monté sur un bâti 1a. Dans cet exemple, le mécanisme 1 est un mécanisme de compteur de minutes instantané d'un chrono-

graphe. Il comprend une bascule 2 pivotée en O et présentant un palpeur 3 coopérant avec une came escargot 4 montée sur, et entraînée par, l'axe de chronographe 5. Cet axe de chronographe 5 porte à son extrémité supérieure l'aiguille indicatrice des secondes de chronographe 6 et est solidaire en rotation de la roue de chronographe 7 et du coeur de remise à zéro des secondes de chronographe 8. La bascule 2 est maintenue en appui contre la périphérie de la came escargot 4 par un ressort de rappel de bascule 9 agissant sur l'axe 10 d'un doigt 11, ce doigt 11 agissant lui-même sur la bascule 2. La coopération entre le doigt 11 et la bascule 2 est du type à roulement. Le doigt 11 interagit en effet avec la paroi d'un évidement 12 de la bascule 2 à la manière d'un engrènement, quasiment sans frottements. La bascule 2 et le doigt 11 tournent ainsi dans des sens opposés.

[0011] Un crochet 13 est pivoté en P sur l'extrémité libre de la bascule 2 et est soumis à l'action d'un ressort de rappel de crochet 14, monté sur la bascule 2, tendant à appliquer le bec 15 du crochet 13 contre la denture en dents de loup d'une roue de compteur de minutes 16. L'axe 17 de la roue de compteur de minutes 16 porte un indicateur des minutes de chronographe 18, tel qu'une aiguille (comme représenté) ou un disque, affichant les minutes de chronographe en coopération avec le cadran du chronographe. Un coeur de remise à zéro des minutes de chronographe 19 est solidaire en rotation de la roue de compteur de minutes 16. La roue de compteur de minutes 16 est maintenue dans des positions angulaires déterminées entre ses actionnements successifs par un sautoir 20 sur lequel agit un ressort de rappel de sautoir 21.

[0012] Dans l'exemple illustré, la came escargot 4 présente une fente 22 dans sa partie terminale, conformément à l'enseignement de la demande de brevet EP 2241944, mais elle pourrait avoir une forme plus classique, sans cette fente 22.

[0013] A chaque tour de rotation de la came escargot 4, la bascule 2 et son ressort de rappel 9 sont armés à mesure que le palpeur 3 glisse de la partie basse B vers la partie haute H de la came 4. Chaque minute, le palpeur 3 et avec lui toute la bascule 2 chute de la partie haute H à la partie basse B de la came escargot 4 sous l'action du ressort de rappel de bascule 9. Pendant cette chute, le crochet 13 fait avancer d'un pas la roue de compteur de minutes 16 pour changer de manière instantanée la valeur indiquée par l'indicateur des minutes de chronographe 18. Puis, pendant le réarmage progressif de la bascule 2 par la came escargot 4, le crochet 13 passe de l'entre-dent de la roue de compteur de minutes 16 dans lequel il se trouvait pendant la chute à l'entre-dent précédent contre l'action de son ressort de rappel 14, pour à nouveau faire avancer d'un pas la roue de compteur de minutes 16 pendant la chute suivante de la bascule 2.

[0014] Selon l'invention, le ressort de rappel de bascule 9 est conformé spécialement pour améliorer la constance du couple ou moment de force qu'il exerce (indirectement) sur la came 4 et ainsi, d'une part, améliorer la régularité des oscillations de l'organe régulateur du chronographe et donc la précision de la mesure et, d'autre part, diminuer la consommation d'énergie.

[0015] Comme montré aux figures 1 et 2, le ressort de rappel de bascule 9 est sous la forme d'un bras ou lame élastique faisant partie d'une pièce 23 comprenant en outre une base 24 et un élément rotatif 25, le bras élastique 9 reliant la base 24 à l'élément rotatif 25, seul le bras élastique 9 se déformant pendant le fonctionnement du mécanisme 1. La base 24 est fixée, par exemple au moyen de goupilles 26, au bâti 1a. L'élément rotatif 25, destiné à tourner sur lui-même, est excentré par rapport à la base 24. L'élément rotatif 25 est monté sur l'axe 10 du doigt 11 et est solidaire en rotation de ce doigt 11. Dans une variante de l'invention, représentée à la figure 3, l'élément rotatif 25 est le doigt 11 lui-même, en d'autres termes la base 24, le bras élastique 9 et le doigt 11 forment la pièce 23.

[0016] La pièce 23 est typiquement monobloc. Elle est par exemple en métal, alliage, 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.

[0017] Pour la compréhension de l'invention, le comportement de la pièce 23 considérée isolément, c'est-à-dire libre de toute interaction avec le reste du mécanisme 1, est décrit ci-dessous. La figure 2 représente cette pièce 23 isolée.

[0018] En raison de la forme de son bras élastique 9, la pièce 23 possède un sens de rotation privilégié de son élément rotatif 25 par rapport à sa base 24, ce sens étant défini comme celui qui permet, à partir d'un état de repos de la pièce 23 isolée dans lequel son bras élastique 9 est au repos, le plus grand déplacement angulaire relatif de l'élément rotatif 25 par rapport à la base 24. Ce sens de rotation privilégié est le sens antihoraire à la figure 1 et le sens horaire à la figure 2.

[0019] Soit θ la position angulaire de l'élément rotatif 25 de la pièce 23 isolée par rapport à la base 24, θ étant égal à zéro lorsque la pièce 23 isolée est au repos, c'est-à-dire lorsque son bras élastique 9 est au repos, et augmentant avec le déplacement angulaire relatif de l'élément rotatif 25 par rapport à la base 24 dans le sens de rotation privilégié de la pièce 23 isolée ; la figure 4 illustre l'évolution $M(\theta)$ du moment de rappel élastique exercé par le bras élastique 9 dans la pièce 23 isolée en fonction de la position angulaire θ de l'élément rotatif 25 par rapport à la base 24.

[0020] De manière générale, lorsque l'élément rotatif 25 est dans la position angulaire dans laquelle $\theta = x^\circ$, on dit que la pièce 23 est armée de x° .

[0021] Comme cela est visible sur la courbe $M(\theta)$ de la figure 4, ce moment de rappel élastique suit une évolution en trois phases :

- pour un angle θ compris entre 0 et une première valeur θ_1 , le moment de rappel élastique augmente rapidement avec la position angulaire θ ;
- au-delà de cette première valeur θ_1 , la pièce 23 est dans une phase sensiblement stable. En effet, entre cette première valeur θ_1 et une seconde valeur θ_2 , le moment de rappel élastique est sensiblement constant par rapport à la position angulaire θ .

On entend par moment « sensiblement constant » un moment ne variant pas de plus de 10%, de préférence 5%, de préférence encore 3%, étant entendu que ce pourcentage peut être diminué davantage. Plus précisément, soient respectivement M_{\min} et M_{\max} les valeurs des moments minimum et maximum exercés dans la pièce 23 isolée sur une plage $[\theta_1, \theta_2]$ donnée de positions angulaires de l'élément rotatif 25 par rapport à la base 24, le moment exercé dans cette pièce 23 isolée 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 $y=5$, de préférence encore $y=3$, est vérifiée.

Dans cette phase sensiblement stable, le moment de rappel élastique exercé par le bras élastique 9 dans la pièce 23 isolée atteint toutefois localement un maximum pour une position angulaire θ_a , puis est décroissant dans l'intervalle de positions angulaires compris entre les valeurs θ_a et θ_b , où θ_a et θ_b sont compris entre θ_1 et θ_2 ;

- au-delà de la valeur θ_2 , le moment de rappel élastique augmente à nouveau jusqu'à atteindre une valeur limite M_{\limite} , pour un déplacement angulaire $\theta=\theta_3$. Cette valeur M_{\limite} dépend des propriétés du matériau dans lequel la pièce 23 est réalisée et correspond à la contrainte maximale que peut subir cette pièce.

[0022] La pièce 23 isolée présentant une courbe $M(\theta)$ du type de celle représentée à la figure 4 diffère des structures élastiques classiques. Ses propriétés reposent sur une forme sinueuse de son bras élastique 9 qui se déforme de manière à générer un moment de rappel élastique sensiblement constant (la courbe $M(\theta)$ présente un plateau entre θ_1 et θ_2) sur une plage prédéterminée de positions angulaires de son élément rotatif 25 par rapport à sa base 24. L'obtention d'un tel bras élastique 9 requiert une conception spécifique et paramétrée. Il peut par exemple être obtenu 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.

[0023] 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 du bras élastique.

[0024] 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.

[0025] La forme géométrique du bras élastique 9 est une courbe de Bézier dont les points de contrôle ont été optimisés pour prendre en compte, notamment, les dimensions de la pièce 23 à concevoir ainsi qu'une contrainte « $(M_{\max}-M_{\min})/((M_{\max}+M_{\min})/2) \leq 0,05$ ». 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.

[0026] D'une manière générale, le bras élastique ou ressort de rappel de bascule 9 est conçu, notamment de par sa forme, pour exercer, dans la pièce 23, un moment de rappel élastique sensiblement constant (constance de 5%) sur une plage de positions angulaires de l'élément rotatif 25 par rapport à la base 24 d'au moins 10° , de préférence d'au moins 15° , de préférence encore d'au moins 20° .

[0027] Plus précisément, la forme géométrique du bras élastique 9 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 .

[0028] 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 du bras élastique est une succession de courbes de Bézier.

[0029] En utilisant ce principe, la demanderesse a conçu une pièce 23 particulière ayant les dimensions suivantes :

Distance entre le centre de rotation de l'élément rotatif 25 et le point de jonction du bras élastique 9 à l'élément rotatif 25 : 0,5 mm ;

Distance entre le centre de rotation de l'élément rotatif 25 et le point de jonction du bras élastique 9 à la base 24 : 2,5 mm ;

Distance entre les deux extrémités du bras élastique 9 : 2 mm

Longueur curviligne du bras élastique 9 : 2,4 mm ;

Epaisseur (largeur) du bras élastique 9 : 25,6 μm ;

Hauteur de la pièce 23 : 0,3 mm.

[0030] 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

[0031] 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 .

[0032] 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 du bras élastique 9. 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
1,0861324	0,8545816
1,404044	0,903348

EP 3 598 242 A1

(suite)

5

10

15

20

25

30

X [mm]	Y [mm]
1,7094066	0,8387564
2,001267	0,699389
2,2786719	0,5238281
2,540668	0,350656
2,7863021	0,2184549
3,014621	0,165807
3,2246714	0,2312946
3,4155	0,4535
3,4155	0,4535
3,5242745	0,5815901
3,648736	0,628816
3,7871415	0,6110484
3,937748	0,544158
4,0988125	0,4440156
4,268592	0,326492
4,4453435	0,2074579
4,627324	0,102784
4,8127905	0,0283411
5	0

[0033] Le graphique de la figure 5 fait apparaître la surface externe de l'élément rotatif 25, la surface interne de la base 24 et le bras élastique 9 de la pièce 23 particulière que la demanderesse a conçue, la géométrie du bras 9 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.

[0034] La figure 6 représente les résultats d'une simulation de l'évolution du moment de rappel élastique de la pièce 23 particulière ainsi réalisée en fonction de la position angulaire θ de son élément rotatif 25 par rapport à sa base 24.

[0035] La simulation effectuée considère une pièce 23 réalisée dans un alliage amorphe à base de zirconium, titane, nickel, cuivre et béryllium, plus précisément dans un verre métallique de type Vitreloy 1b, mais tout matériau approprié peut être utilisé. Par exemple des matériaux tels que d'autres verres métalliques, d'autres alliages tels que le Nivaflex® 45/18 (alliage à base de cobalt, nickel et chrome), le nickel-phosphore ou le CK101 (acier de construction non-allié), le silicium, typiquement revêtu d'oxyde de silicium, ou le plastique conviennent également. Il est important de tenir compte du rapport entre la limite élastique et le module de Young du matériau pour choisir le matériau constituant le bras élastique 9.

[0036] Il ressort de l'analyse des résultats présentés à la figure 6 qu'un moment de rappel élastique localement maximum puis décroissant et enfin localement minimum est obtenu lors d'un déplacement de l'élément rotatif 25 de la pièce isolée 23 particulière étudiée par rapport à sa base 24 d'une position angulaire $\theta_a = 17^\circ$ à une position angulaire $\theta_b = 28^\circ$, c'est à dire sur une plage de 11° .

[0037] La raideur de la pièce 23, plus précisément de son bras élastique 9, est la dérivée de la fonction $M(\theta)$ définie précédemment.

[0038] Sur la plage de positions angulaires $[\theta_a, \theta_b]$ la raideur est nulle aux positions angulaires θ_a et θ_b et négative entre ces positions θ_a et θ_b . Dans la présente invention, on se place dans cette plage $[\theta_a, \theta_b]$ ou au moins en partie dans cette plage.

[0039] Au sein du mécanisme 1, la pièce 23 est donc agencée pour que, à chaque tour de rotation de la came escargot 4 contre l'action de rappel du bras élastique ou ressort de rappel de bascule 9, l'élément rotatif 25 se déplace dans une plage prédéterminée de positions angulaires par rapport à la base 24, cette plage étant incluse dans la plage de positions $[\theta_1, \theta_2]$ associée à la pièce 23 et comprenant au moins une partie de la plage de positions $[\theta_a, \theta_b]$ dans laquelle la raideur

du bras élastique 9 est nulle ou négative. De préférence, ladite plage prédéterminée est incluse dans la plage $[\theta_a, \theta_b]$ ou constituée par cette dernière. De préférence encore, ladite plage prédéterminée est incluse dans la plage $]\theta_a, \theta_b[$ où la raideur est négative en chaque point.

[0040] Pour obtenir un tel agencement, l'élément rotatif 25 est positionné angulairement lors de son montage sur l'axe 10 du doigt 11 de manière à ce que le ressort de rappel de bascule 9 soit armé de θ_{arm} degrés lorsque le palpeur 3 de la bascule 2 se trouve sur la partie basse B de la came escargot 4, cette valeur θ_{arm} étant la borne inférieure de la plage prédéterminée susmentionnée. Afin de faciliter cette opération de positionnement, l'élément rotatif 25 peut comporter un repère 27 à aligner par exemple avec le doigt 11. A la figure 1 la pièce 23 est représentée dans sa position de repos, avant son pré-armage. La longueur de la plage prédéterminée est définie par la différence de rayon entre la partie haute H et la partie basse B de la came 4, la position de la bascule 2 et celle du doigt 11. Dans l'exemple illustré, elle est de 3° .

[0041] Grâce à la raideur au moins en partie nulle ou négative du ressort de rappel de bascule 9 dans la plage prédéterminée des positions angulaires que peut prendre l'élément rotatif 25 pendant le fonctionnement du mécanisme 1, l'intensité moyenne de la force appliquée à la came escargot 4 par le ressort de rappel de bascule 9 via le doigt 11 et la bascule 2 sur un tour de rotation de la came escargot 4 peut être diminuée par rapport à un ressort de rappel de bascule traditionnel, pour une même force appliquée à la came 4 lorsque le palpeur 3 est sur la partie basse B, réduisant ainsi l'énergie requise pour faire tourner la came escargot 4. Les ressorts de rappel de bascule traditionnels, en V, en U ou en spirale, présentent en effet tous un comportement linéaire, leur raideur est positive et constante sur toute leur plage de travail.

[0042] La raideur négative du ressort de rappel de bascule 9 permet en outre de compenser en partie au moins la variation du bras de levier de la force appliquée à la came 4 par la bascule 2 sur un tour de rotation de cette came, plus précisément l'augmentation du bras de levier de la force appliquée à la came 4 pendant le déplacement de la bascule 2 de la partie basse B à la partie haute H. Une plus faible variation du couple requis pour faire tourner la came 4 et donc une meilleure chronométrie peut ainsi être obtenue.

[0043] Il est possible d'ajuster la valeur de raideur négative en concevant le ressort de rappel de bascule ou bras élastique 9 avec une section variable. La figure 7 montre différentes courbes représentatives d'un moment de force $M(\theta)$ normalisé exercé par le bras élastique 9 dans la pièce 23 isolée pour différentes variations de section du bras élastique 9. La courbe la plus haute, désignée par C1, correspond à un bras élastique 9 de section constante et d'épaisseur (largeur) $30\ \mu\text{m}$. Les courbes situées au-dessous de la courbe C1 correspondent à un bras élastique 9 dont l'épaisseur augmente linéairement de l'élément rotatif 25 à la base 24, l'épaisseur au point de jonction avec la base 24 étant de $30\ \mu\text{m}$ pour chaque courbe, l'épaisseur au point de jonction avec l'élément rotatif 25 étant de $29\ \mu\text{m}$ pour la première courbe C2 sous la courbe C1, de $28\ \mu\text{m}$ pour la deuxième courbe C3 sous la courbe C1, de $27\ \mu\text{m}$ pour la troisième courbe C4 sous la courbe C1, et ainsi de suite par décroissance de $1\ \mu\text{m}$. On constate que, pour les premières courbes au moins, la raideur diminue (le moment de force décroît plus) dans la plage d'angles d'armage d'intérêt où la raideur est négative lorsque l'on augmente la variation de section. Il est à noter aussi que la longueur de la plage d'angles d'armage où la raideur est négative augmente. On peut dès lors choisir une raideur négative qui compense complètement ou presque complètement l'effet de l'augmentation du bras de levier de la force appliquée à la came escargot 4 par la bascule 2 pendant son déplacement de la partie basse B à la partie haute H. Une telle compensation rend sensiblement constante dans le temps l'énergie consommée pour la rotation de la came 4 et permet donc de moins perturber la chronométrie.

[0044] D'autres modes de variation de la section du bras élastique 9 peuvent être envisagés. La figure 8 montre différentes courbes représentatives d'un moment de force $M(\theta)$ normalisé exercé par le bras élastique 9 dans la pièce 23 isolée. La courbe la plus haute, désignée par C1, correspond à un bras élastique 9 de section constante et d'épaisseur $30\ \mu\text{m}$. Les courbes situées au-dessous de la courbe C1 correspondent à un bras élastique 9 dont l'épaisseur augmente linéairement de l'élément rotatif 25 au milieu du bras élastique 9 et diminue linéairement du milieu du bras élastique 9 à la base 24, l'épaisseur au milieu du bras élastique 9 étant de $30\ \mu\text{m}$ pour chaque courbe, l'épaisseur au point de jonction avec l'élément rotatif 25 et au point de jonction avec la base 24 étant de $29\ \mu\text{m}$ pour la première courbe C2' sous la courbe C1, de $28\ \mu\text{m}$ pour la deuxième courbe C3' sous la courbe C1, de $27\ \mu\text{m}$ pour la troisième courbe C4' sous la courbe C1, et ainsi de suite par décroissance de $1\ \mu\text{m}$. On constate que ce mode de variation de la section du bras élastique 9 permet aussi d'ajuster la raideur négative pour par exemple compenser complètement ou presque complètement l'effet de l'augmentation du bras de levier de la force appliquée à la came escargot 4 par la bascule 2 pendant son déplacement de la partie basse B à la partie haute H.

[0045] De manière générale, dans les cas où le bras élastique 19 a une section variable, celle-ci varie typiquement de manière strictement monotone (elle augmente ou diminue sans interruption mais pas nécessairement linéairement) sur au moins une portion continue du bras élastique représentant 10%, de préférence 20%, de préférence 30%, de préférence 40%, de la longueur (curviligne) du bras élastique. La variation de la section est en outre choisie pour rendre plus négative la raideur du bras élastique 19 sur la plage $[\theta_a, \theta_b]$ ou au moins sur la partie de la plage prédéterminée qui se recoupe avec la plage $[\theta_a, \theta_b]$, par rapport à un bras élastique de même forme que le bras 19 mais de section constante.

[0046] Dans des variantes, le ressort de rappel de bascule ou bras élastique 9 peut présenter une forme différente de celle illustrée aux figures 1 et 2. Il peut 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.*

[0047] Il apparaîtra clairement à l'homme du métier qu'au lieu d'être constitué d'un seul bras élastique, le ressort de rappel de bascule 9 pourrait comprendre plusieurs bras élastiques reliant la base 24 à l'élément rotatif 25, à l'instar des dispositifs décrits dans les deux articles « Design of adjustable constant-force forceps for robot-assisted surgical manipulation » et « Functional joint mechanisms with constant-torque outputs » mentionnés ci-dessus. Dans l'exemple de réalisation illustré à la figure 1, un seul bras élastique 9 est suffisant puisque celui-ci n'a pas de fonction de guidage - l'élément rotatif 25 est guidé par l'axe 10 du doigt 11 - mais remplit seulement une fonction de rappel élastique. On notera d'ailleurs que réaliser le ressort de rappel de bascule 9 sous la forme d'un seul bras élastique présente l'avantage d'une plus grande compacité. De manière générale, le choix du nombre de bras élastique(s), de leur longueur et de leur épaisseur détermine l'intensité de la force produite. On peut aussi jouer sur l'inclinaison du ou des bras élastiques par rapport à l'élément rotatif 25 (dans le plan de la pièce 23) pour modifier l'intensité de la force produite.

[0048] La présente invention n'est pas limitée à un mécanisme de compteur de minutes ni à une came escargot. Elle n'est pas non plus limitée à un mécanisme à action instantané, entraînant un déplacement par sauts d'un indicateur ou autre organe mobile. Elle peut s'appliquer à tout mécanisme horloger comprenant une came qui successivement, une ou plusieurs fois par tour de rotation, arme et désarme (partiellement) une bascule, un râteau ou autre suiveur de came. Dans le contexte de la présente invention, on entend par « suiveur de came » un organe qui coopère avec la périphérie d'une came, typiquement pour lire une information, sans avoir aucune fonction de maintien de la came dans des positions déterminées en fonctionnement normal du mécanisme, à la différence par exemple d'un sautoir ou d'un cliquet coopérant avec une roue dentée pour la positionner.

[0049] L'utilisation du doigt intermédiaire 11 entre le ressort de rappel de bascule 9 et la bascule 2 permet, en jouant sur les bras de levier, de diminuer l'encombrement du mécanisme 1 pour un couple de rappel donné appliqué à la bascule 2. Cependant, ce doigt 11 pourrait être supprimé et le ressort de rappel de bascule 9 pourrait agir de manière plus directe sur la bascule 2, par exemple l'élément rotatif 25 pourrait être monté sur l'axe de la bascule 2. Le ressort de rappel de bascule 9 pourrait aussi former une seule pièce avec la bascule 2, voire faire partie intégrante de la bascule et guider en rotation par rapport à une base une extrémité rigide faisant office de suiveur de came.

Revendications

1. Mécanisme horloger (1) comprenant une came (4) destinée à être entraînée en rotation, un suiveur de came (2) et un ressort de rappel (9) agencé pour maintenir le suiveur de came (2) en appui contre la came (4), le ressort de rappel (9) étant agencé pour travailler dans une plage prédéterminée d'angles d'armage pendant chaque tour de rotation de la came (4), **caractérisé en ce que** la raideur du ressort de rappel (9) est nulle ou négative dans au moins une partie de la plage prédéterminée.
2. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la raideur du ressort de rappel (9) est nulle ou négative dans sensiblement toute la plage prédéterminée.
3. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la raideur du ressort de rappel (9) est négative dans sensiblement toute la plage prédéterminée.
4. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le ressort de rappel (9) comprend au moins un bras élastique.
5. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le ressort de rappel (9) comprend un seul bras élastique.
6. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** le ou chaque bras élastique 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 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 présente une section variable dont la variation est choisie pour rendre plus négative la raideur du ressort

de rappel (9) dans ladite au moins une partie de la plage prédéterminée, de préférence dans sensiblement toute la plage prédéterminée, par rapport à un bras élastique de même forme mais de section constante.

- 5 9. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le ressort de rappel (9) fait partie d'une pièce monobloc (23) comprenant en outre une base (24) fixée à un bâti (1a) du mécanisme horloger (1) et un élément rotatif (25), le ressort de rappel (9) reliant la base (24) à l'élément rotatif (25).
- 10 10. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'élément rotatif (25) est monté sur l'axe de rotation (10) d'un doigt (11) agencé pour coopérer avec le suiveur de came (2).
- 15 11. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'élément rotatif (25) comprend un doigt (11) agencé pour coopérer avec le suiveur de came (2).
12. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'élément rotatif (25) est monté sur un axe de rotation (O) du suiveur de came (2).
- 20 13. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre un organe mobile (16, 17, 18) agencé pour être entraîné par le suiveur de came (2).
- 25 14. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** l'organe mobile (16, 17, 18) comprend un indicateur (18).
15. Mécanisme horloger (1) selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce que** la came (4) et le suiveur de came (2) sont agencés pour permettre un déplacement par sauts de l'organe mobile (16, 17, 18).
- 30 16. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** la came (4) présente une forme générale de spirale ou comprend une partie principale présentant une forme générale de spirale.
- 35 17. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** le suiveur de came (2) comprend une bascule ou un râteau.
18. Mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** le suiveur de came (2) comprend une bascule et **en ce que** le mécanisme horloger (1) comprend un crochet (13) pivoté sur la bascule et une roue à dents de loup (16) agencée pour être entraînée par le crochet (13).
- 55 19. Pièce d'horlogerie comprenant un mécanisme horloger (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 18.

Fig.1

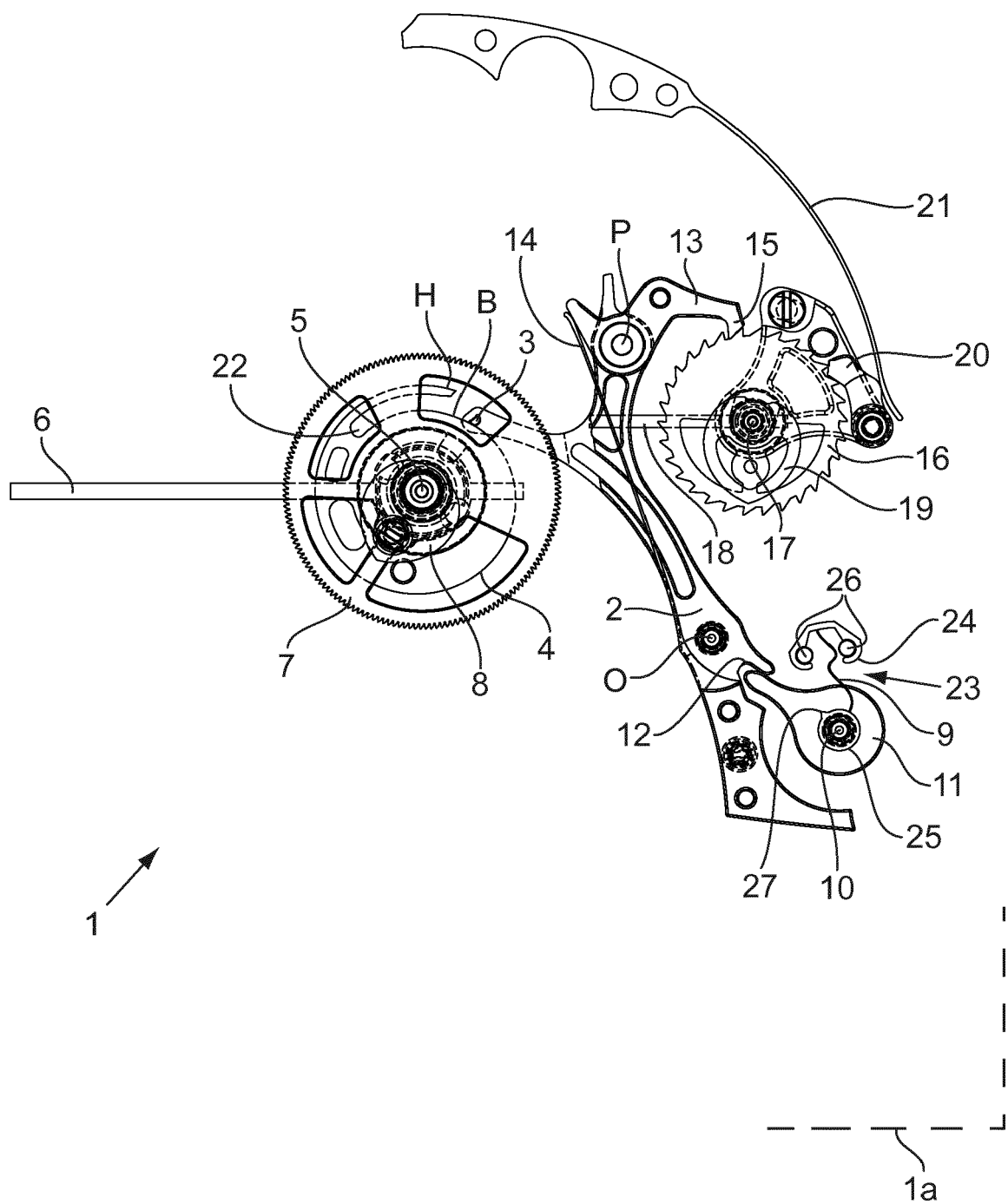


Fig.2

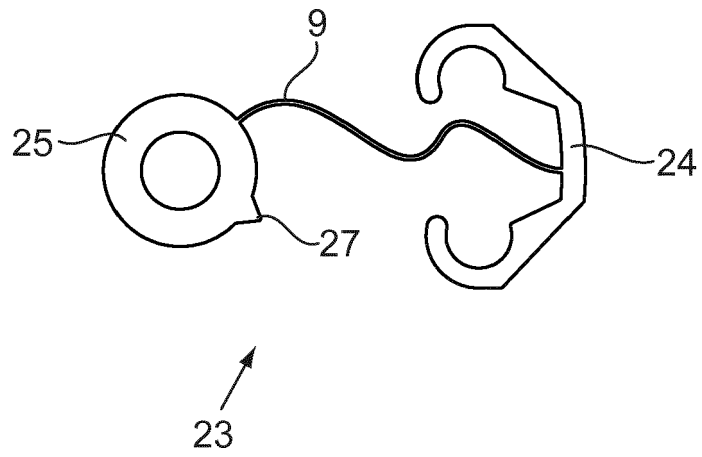


Fig.3

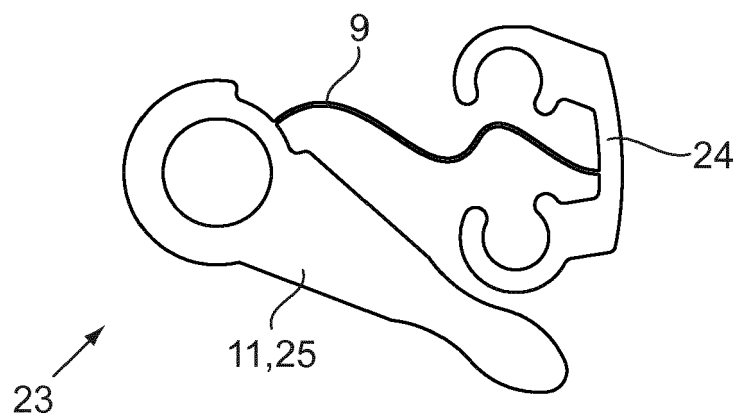


Fig.4

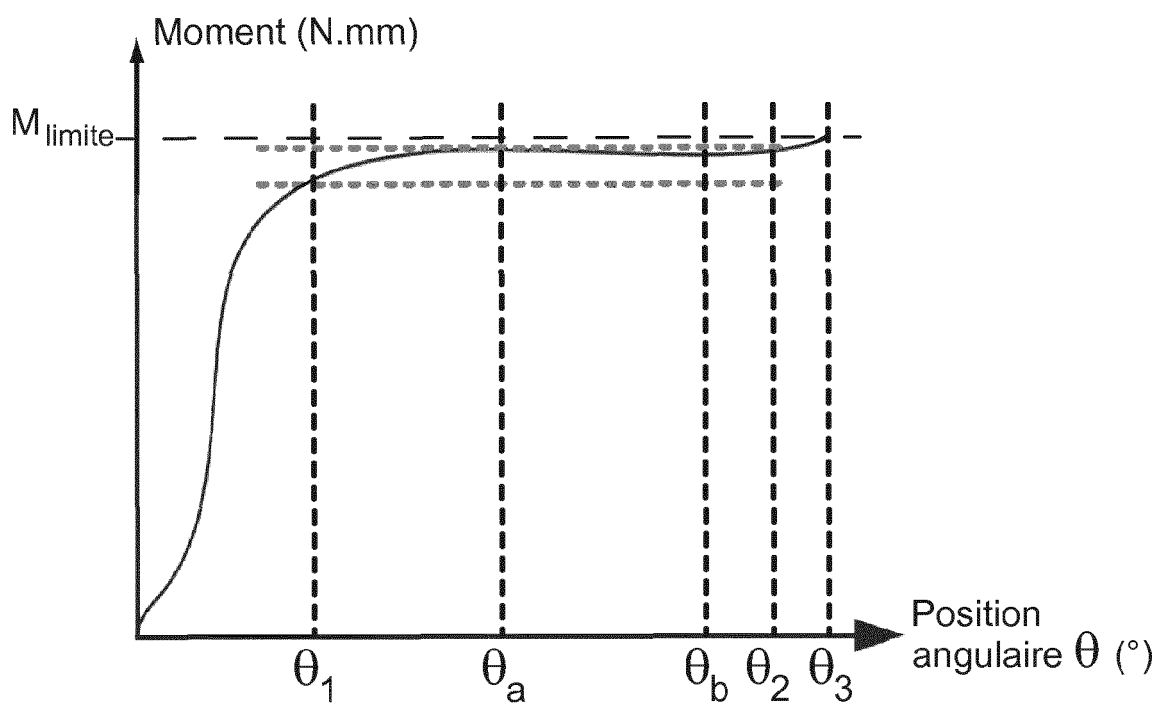


Fig.5

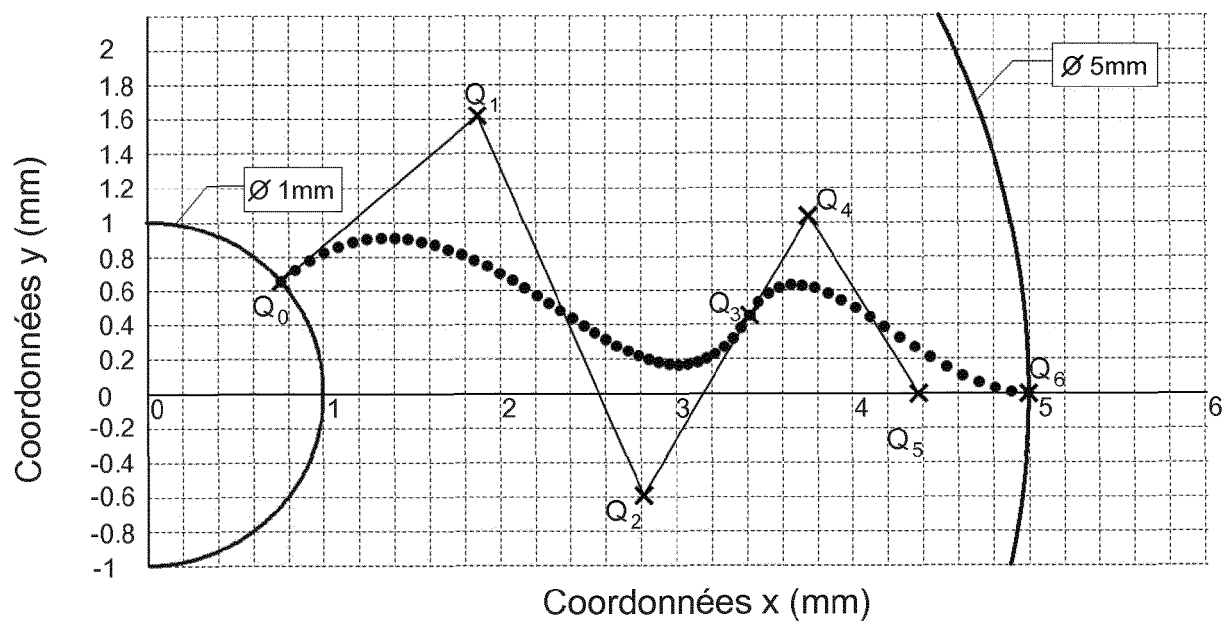


Fig.6

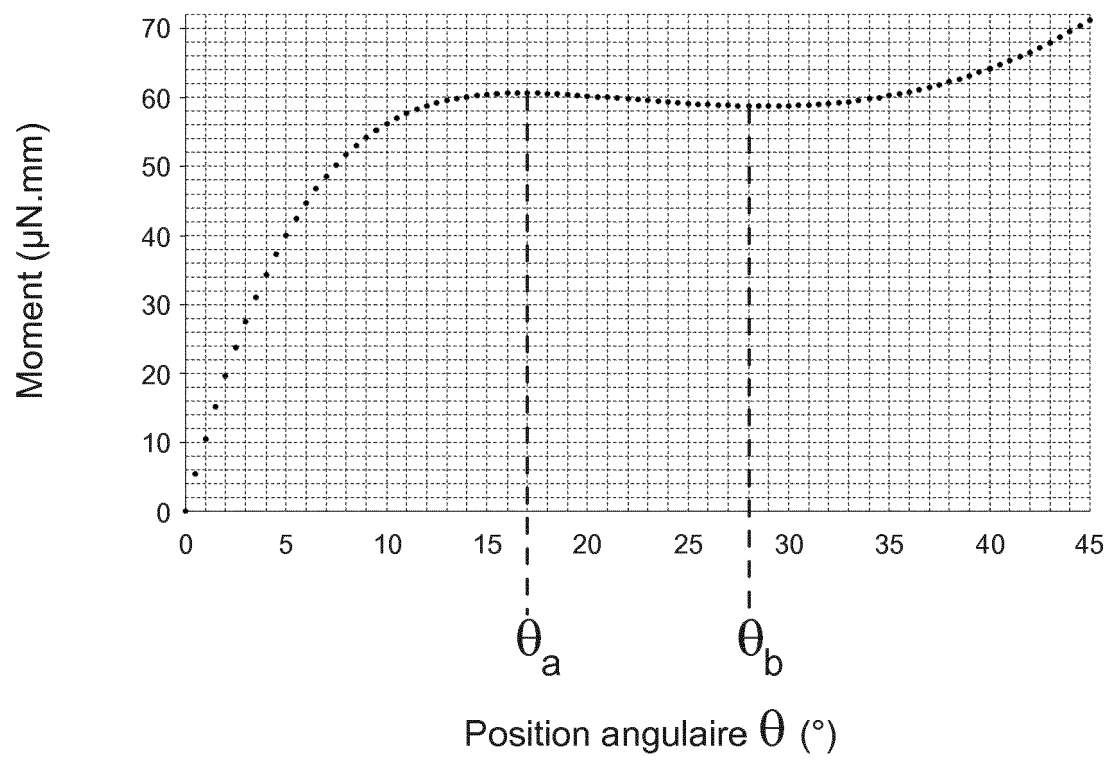


Fig.7

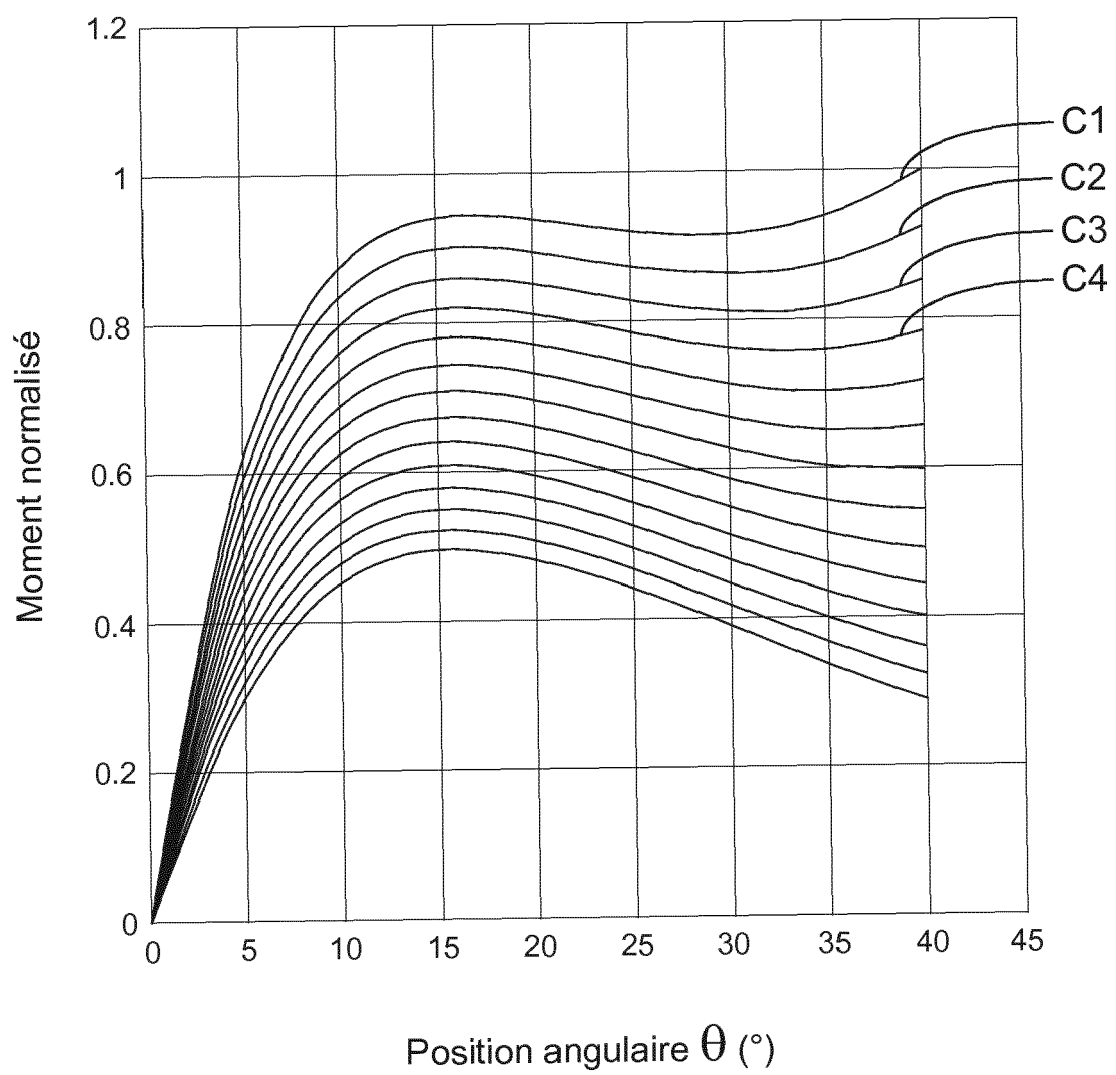
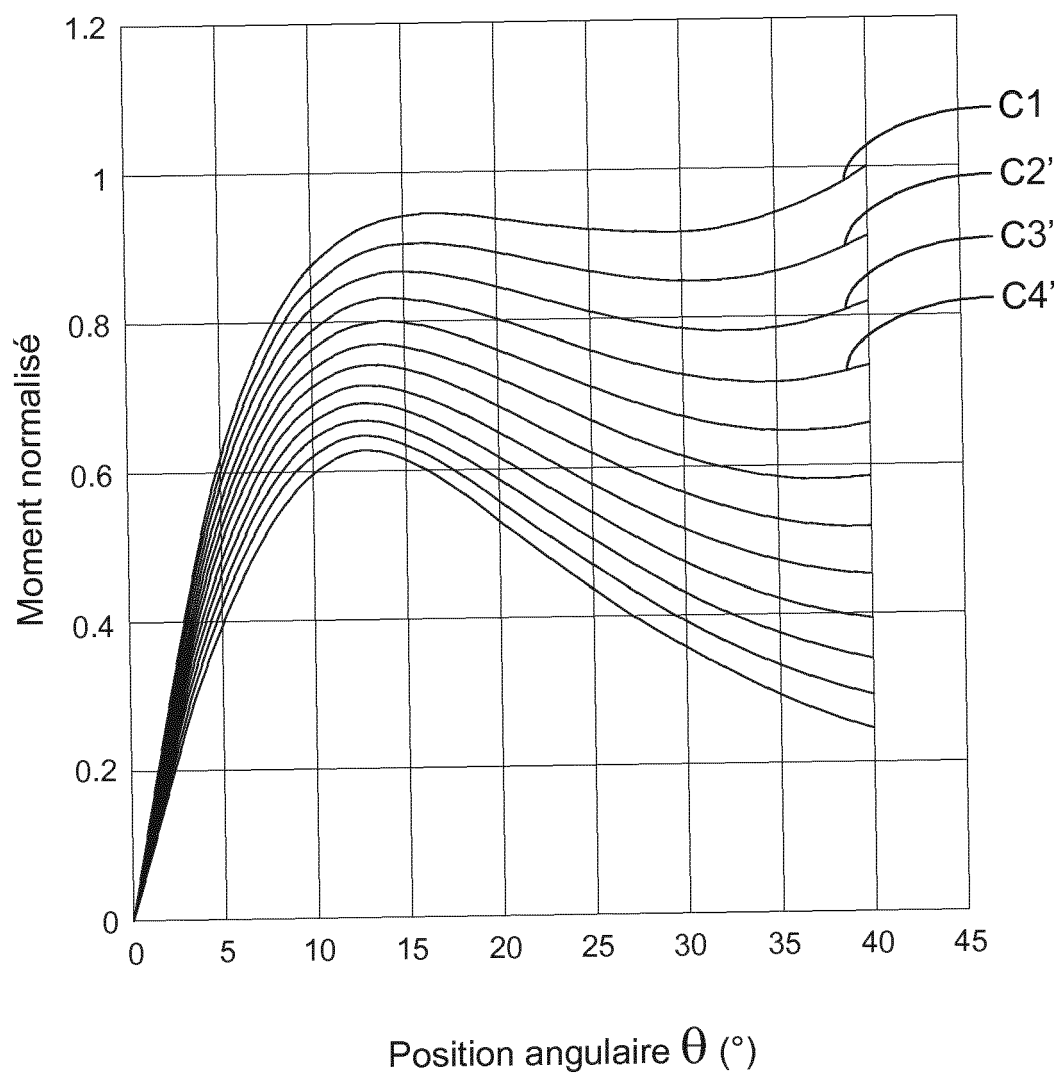


Fig.8





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 18 18 4529

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 A	EP 2 799 938 A1 (AUDEMARS PIGUET RENAUD ET PAPI SA [CH]) 5 novembre 2014 (2014-11-05) * alinéa [0007]; figure 1 *	1,2,9, 12-16,19 3-8,10, 11,17,18	INV. G04B19/02 G04B19/24 G04B11/00
A	CH 702 804 A2 (PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH]) 15 septembre 2011 (2011-09-15) * alinéas [0005], [0023] - [0024] *	1-19	
A	EP 2 645 189 A1 (NIVAROX SA [CH]) 2 octobre 2013 (2013-10-02) * alinéa [0015]; figures 24,25 *	1-19	
			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		21 février 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 4529

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.

21-02-2019

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 EP 2952973 A2 ES 2661863 T3	05-11-2014 09-12-2015 04-04-2018
CH 702804 A2	15-09-2011	AUCUN	
EP 2645189 A1	02-10-2013	CH 706274 A2 CN 104204966 A CN 104220940 A CN 104220941 A EP 2645189 A1 EP 2831676 A1 EP 2831677 A1 HK 1205284 A1 HK 1205287 A1 HK 1205288 A1 JP 5918438 B2 JP 5918439 B2 JP 6034949 B2 JP 2015511714 A JP 2015511715 A JP 2015511716 A KR 20140135810 A RU 2014143453 A RU 2014143454 A US 2015043313 A1 US 2015063082 A1 US 2015103636 A1 WO 2013144236 A1 WO 2013144237 A1 WO 2013144238 A1	30-09-2013 10-12-2014 17-12-2014 17-12-2014 02-10-2013 04-02-2015 04-02-2015 11-12-2015 11-12-2015 11-12-2015 18-05-2016 18-05-2016 30-11-2016 20-04-2015 20-04-2015 20-04-2015 26-11-2014 20-05-2016 20-05-2016 12-02-2015 05-03-2015 16-04-2015 03-10-2013 03-10-2013 03-10-2013

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] [0012]
- EP 1746470 A [0005]

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 [0022]
- **CHIA-WEN HOU.** Functional joint mechanisms with constant-torque outputs. *Mechanism and Machine Theory*, 2013, vol. 62, 166-181 [0046]