



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
18.03.2020 Bulletin 2020/12

(51) Int Cl.:
G04B 17/34 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19206569.6**

(22) Date de dépôt: **24.03.2011**

(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**

(72) Inventeur: **DAOUT, Jérôme**
1180 Rolle (CH)

(74) Mandataire: **Moinas & Savoye SARL**
19A, rue de la Croix-d'Or
1204 Genève (CH)

(30) Priorité: **25.03.2010 EP 10405061**

(62) Numéro(s) de document de la (des) demande(s)
initiale(s) en application de l'article 76 CBE:
11716801.3 / 2 550 566

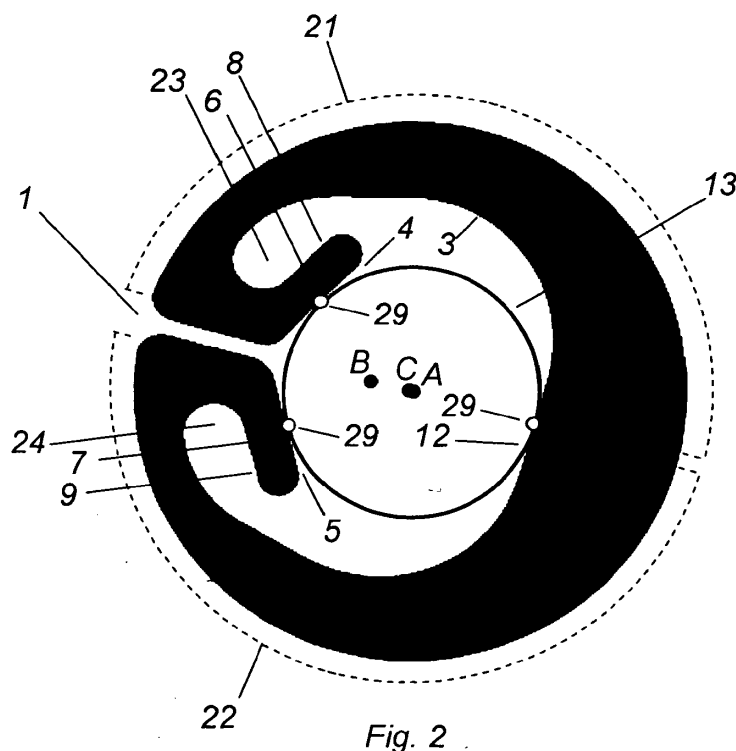
Remarques:
Cette demande a été déposée le 31-10-2019 comme
demande divisionnaire de la demande mentionnée
sous le code INID 62.

(71) Demandeur: **ROLEX SA**
1211 Genève 26 (CH)

(54) **VIROLE FENDUE À OUVERTURE NON CIRCULAIRE**

(57) L'invention concerne une virole fendue dont l'ouverture centrale (2) destinée à recevoir un axe de balancier est non circulaire. La virole fendue comprend une fente (1). Le contour (3) de l'ouverture centrale (2) comporte un nombre supérieur à deux et limité de parties

d'appui (4, 5, 12, 14, 15) destinées à coopérer avec ledit axe de balancier. Au moins deux parties d'appui (4, 5 ou 14, 15) sont situées sur des bras (6, 7 ou 27, 28) et la virole comprend des évidements (23, 24, 25, 26) entre les bras et la partie voisine des bras.



Description

[0001] L'invention concerne une virole fendue dont le contour de l'ouverture centrale destinée à recevoir un axe de balancier est non circulaire.

[0002] L'invention se rapporte également à un ensemble virole-ressort spiral ainsi qu'à un procédé de montage d'une pièce d'horlogerie.

Arrière-plan de l'invention

[0003] L'un des points critiques pour l'utilisation d'un ressort spiral dans un mouvement d'horlogerie de haute précision est la fiabilité de la fixation du spiral sur l'axe du balancier. Cette fixation se fait en général au moyen d'une virole, qui était à l'origine un petit cylindre fendu destiné à être chassé sur l'axe de balancier et percé latéralement pour recevoir l'extrémité intérieure du ressort spiral.

[0004] Ainsi, le brevet suisse n° CH 468662 décrit, en particulier en liaison avec sa figure 3, une virole ayant quatre bras, une ouverture centrale circulaire, une fente d'élasticité pour le chassage sur l'axe d'un balancier et un évidement pour l'équilibrage.

[0005] La demande de brevet européen publiée sous le numéro EP 1 302 821 a pour objet une virole fendue à ouverture centrale circulaire réalisée d'un seul tenant avec un spiral et comportant des évidements d'équilibrage.

[0006] La demande de brevet français numéro FR 2 124 243 (US 3 785 028) a trait à des manchons circulaires pour ressort spiral destinés à être chassés sur l'axe du balancier d'une montre. Ces manchons sont fabriqués à partir de profilés présentant un bras pour la fixation d'un spiral et une fente de régulation diamétralement opposée à ce bras.

[0007] Il apparaît donc que de nombreuses solutions pour le chassage d'une virole sur un axe sont connues, et elles sont bien adaptées aux matériaux habituels comme l'acier qui possèdent un domaine de déformation plastique. En effet, le diamètre de l'ouverture prévue pour recevoir l'axe de balancier est plus faible que le diamètre de l'axe de balancier, de façon à assurer une bonne tenue de l'axe après chassage. Cette différence de diamètre est en général absorbée au moins en partie par une déformation plastique du matériau de la virole.

[0008] Ceci rend ces solutions peu adaptées aux viroles ou aux ensembles virole-spiral réalisés en un matériau comme le silicium, le quartz ou le diamant. En effet, ces matériaux, usinables par des techniques comme la gravure profonde (DRIE), ne possèdent pas de domaine de déformation plastique, ce qui les rend cassants dès que les contraintes dans le matériau dépassent la limite élastique.

[0009] Par exemple, le brevet suisse n° 508 233 propose une virole fendue dont l'ouverture centrale circulaire comporte une deuxième fente d'élasticité de petite dimension. Comme on peut le voir en particulier sur la fi-

gure 1, les deux moitiés de cette virole sont extrêmement massives, ce qui les rend très rigides et limite leur amplitude de déformation élastique. Ceci rend la virole très fragile, en particulier quand elle est réalisée en un matériau comme le silicium.

[0010] Le brevet suisse n° CH 252 387 a pour objet une virole composée de deux pièces, une bague évidée et une pièce élastique en forme de U disposée transversalement à l'intérieur de la bague évidée. Les deux bras du U sont contraints par la bague évidée et doivent se déformer pour venir pincer la lame du spiral et accueillir l'axe du balancier lors du chassage. Cependant, l'élasticité au niveau de la liaison des bras de la pièce en forme de U est insuffisante, ce qui conduit facilement à la rupture de cette pièce, en particulier quand elle est réalisée en un matériau comme le Silicium.

[0011] Par ailleurs, la demande de brevet européen publiée sous le numéro EP 2 112 565 dévoile des pièces de micromécanique ayant une ouverture centrale dont le contour n'est pas circulaire mais présente une symétrie de rotation de $2\pi/3$ autour de l'axe passant par le centre C de l'ouverture centrale. Sur la figure 5 de ce document, on peut voir en particulier une pièce de micromécanique munie de bras élastiques.

[0012] Les solutions décrites dans ce document donnent entière satisfaction pour des pièces mécaniques comme des roues. Cependant, elles montrent quelques inconvénients pour réaliser des viroles qui ont en général une épaisseur plus faible que des planches de roue, comme d'offrir une faible plage de tolérance pour les diamètres des axes sur lesquels les viroles doivent être chassées.

Exposé sommaire de l'invention

[0013] Le but majeur de l'invention est de proposer une virole qui puisse être chassée sur des axes de diamètres différents tout en garantissant un couple de tenue en rotation adéquat sans aller au-delà de la limite élastique du matériau et qui ne provoque pas de balourd.

[0014] Si les viroles fendues existent depuis très longtemps, il n'a jamais été proposé, jusqu'à présent, de virole fendue ayant une ouverture centrale qui n'est pas circulaire et dont les propriétés d'élasticité permettent d'atteindre le but précité, en particulier pour un matériau sans domaine de déformation plastique comme le silicium, le quartz ou le diamant.

[0015] Ainsi, un aspect de l'invention a pour objet une virole fendue, notamment une virole fendue dont l'ouverture centrale destinée à recevoir un axe de balancier est non circulaire, ayant pour particularité que :

1.- le contour de son ouverture centrale comporte un nombre supérieur à deux et défini ou limité de parties d'appui destinées à coopérer avec ledit axe de balancier.

[0016] Outre sa forme originale, il a été constaté que

cette virole donne entièrement satisfaction, en ce sens qu'elle peut accommoder des axes de diamètres différents, qu'elle présente, une fois montée par exemple sur un axe de balancier, un excellent couple de tenue sur cet axe et que son taux de casse lors du chassage pour l'assemblage à un axe est pratiquement nul.

[0017] Des caractéristiques supplémentaires et avantageuses de la virole selon l'invention définie au point 1 ci-dessus sont déclinées aux points 2 à 19 ci-dessous :

2.- Virole fendue dans laquelle le rayon de courbure des parties d'appui, du côté de l'ouverture centrale, est négatif, infini ou supérieur à 0,62 fois le diamètre $d_{\max}$ du cercle le plus grand que l'on peut tracer à l'intérieur du contour de l'ouverture centrale.

3.- Virole fendue selon le point 2, dont le contour de l'ouverture centrale présente sensiblement une symétrie de réflexion orthogonale par rapport à une droite R passant par la fente de la virole ainsi que par le centre du contour de l'ouverture centrale et parallèle au plan contenant la face supérieure de la virole.

4.- Virole fendue selon l'un des points 1 à 3, dont le centre du contour de l'ouverture centrale est distinct du centre du contour de la virole.

5.- Virole fendue selon l'un des points 1 à 4, dans laquelle le rayon de courbure des parties d'appui est négatif.

6.- Virole fendue selon l'un des points 1 à 4, dans laquelle le rayon de courbure des parties d'appui est supérieur à 0,75 fois le diamètre $d_{\max}$ du cercle le plus grand que l'on peut tracer à l'intérieur de l'ouverture centrale.

7. Virole fendue selon le point 6, dans laquelle le rayon de courbure des parties d'appui est supérieur au diamètre $d_{\max}$ du cercle le plus grand que l'on peut tracer à l'intérieur de l'ouverture centrale.

8.- Virole fendue selon l'un des points 1 à 4, dans laquelle les parties d'appui sont rectilignes du côté du centre du contour de l'ouverture centrale.

9.- Virole fendue selon l'un des points 3 à 8, comportant au moins un couple de parties d'appui situées de part et d'autre de la droite R.

10.- Virole fendue selon le point 9, comportant au moins un couple de parties d'appui rectilignes dans lequel l'une des parties d'appui rectilignes forme avec l'autre partie d'appui rectiligne un angle supérieur ou égal à 60 degrés du côté du centre du contour de l'ouverture centrale.

11.- Virole fendue selon le point 10, dans laquelle les parties d'appui rectilignes forment entre elles un angle obtus du côté du centre du contour de l'ouverture centrale.

12.- Virole fendue selon l'un des points 1 à 11, dans laquelle au moins une partie d'appui est située sur un bras.

13.- Virole fendue selon le point 12, dans laquelle au moins deux parties d'appui sont situées sur des

bras disposés de part et d'autre de la droite R.

14.- Virole selon le point 12 ou 13, dans laquelle le (ou les) bras présente(nt), à son (leurs) extrémité(s) libre(s), sur un côté opposé au centre du contour de l'ouverture centrale, un renflement convexe.

15.- Virole fendue selon l'un des points 1 à 14, comportant trois ou quatre parties d'appui.

16.- Virole fendue selon l'un des points 1 à 15, comportant, sur le contour de la virole, en un point situé à proximité du point diamétralement opposé à la fente, un ergot.

17.- Virole fendue selon l'un des points 1 à 16, comportant des trous d'équilibrage.

18.- Virole fendue selon l'un des points 1 à 17, constituée d'un matériau dépourvu de domaine de déformation élastique.

19.- Virole fendue selon le point 18, constituée de silicium, de quartz ou de diamant.

Par ailleurs, l'invention se rapporte également à un ensemble virole-ressort spiral résumé au point 20 suivant :

20.- Ensemble virole-ressort spiral comprenant une virole selon l'un des points 1 à 19 ainsi qu'un ressort spiral relié en un point situé sur le contour de la virole, sensiblement en regard de la fente.

[0018] Le point 21 ci-dessous fournit des caractéristiques supplémentaires et avantageuses de l'ensemble virole-ressort spiral selon l'invention :

21.- Ensemble virole-ressort spiral selon le point 20, la virole et le ressort spiral étant d'un seul tenant.

[0019] L'invention a également trait à un procédé de montage d'une pièce d'horlogerie, comprenant le chassage d'un ensemble virole-ressort spiral selon l'invention sur un axe de balancier.

[0020] Selon un autre aspect de l'invention, une virole est définie par la revendication 1.

[0021] Différents modes de réalisation de la virole selon cet autre aspect sont définis par les revendications dépendantes 2 à 12.

[0022] Selon cet autre aspect de l'invention, des ensembles sont définis par les revendications 13 et 14.

[0023] Selon cet autre aspect de l'invention, une pièce d'horlogerie est définie par la revendication 15.

[0024] Sauf incompatibilité logique ou technologique, toutes les caractéristiques des différents aspects peuvent être combinées entre elles.

[0025] D'autres caractéristiques et avantages de la virole fendue selon l'invention vont maintenant être décrits en détail dans l'exposé qui suit et qui est donné en référence aux figures annexées qui représentent schématiquement, en vue de dessus :

- figure 1 : une virole selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- figures 2 à 11 : des variantes de la virole selon l'invention ;
- figure 12 : un graphe représentant l'évolution du cou-

ple de tenue de la virole en fonction du diamètre de l'axe de balancier sur lequel est chassée ; et

- figure 13 : une autre variante de la virole selon l'invention.

Exposé détaillé de l'invention

[0026] La virole fendue selon l'invention est représentée sur la figure 1.

[0027] Comme on peut le voir, elle comporte une fente 1 et une ouverture centrale 2 qui est destinée à recevoir un axe de balancier.

[0028] Le contour 3 de l'ouverture centrale 2 n'est pas circulaire mais il présente de préférence une certaine symétrie.

[0029] Comme la face supérieure d'une virole est généralement plane, on peut définir un plan la contenant et, dans ce plan, une droite R passant à la fois par le centre B de l'ouverture centrale 2 et par le milieu de la fente 1.

[0030] La forme du contour 3 de l'ouverture centrale 2 est alors de préférence choisie de telle sorte que ce contour 3 présente une symétrie de réflexion par rapport à la droite R. De préférence, cette symétrie est orthogonale.

[0031] De même, la forme du contour 19 de la virole peut être choisie de telle sorte que ce contour 19 présente également une symétrie de réflexion, préférentiellement orthogonale, par rapport à la droite R.

[0032] Bien entendu, il s'agit là simplement d'une manière de définir la géométrie préférée de l'ouverture centrale 2 car, comme on peut le voir particulièrement sur la figure 4 du brevet suisse n° CH 468 662 précité, la partie inférieure de la virole fendue peut comporter une protubérance.

[0033] La symétrie précitée du contour 3 a l'avantage de permettre d'éviter un balourd et d'obtenir une virole équilibrée.

[0034] Cependant, il n'y a pas forcément symétrie des contours 3 ou 19 par rapport à la droite R. D'ailleurs, on peut voir sur les figures 3 et 6 à 11 un contour 19 de virole non symétrique. De même, on pourrait imaginer un contour 3 non symétrique, dont l'asymétrie serait par exemple compensée par un ergot situé au même endroit que l'ergot 17 des figures 3 et 6 à 11.

[0035] Le centre B de l'ouverture centrale 2 peut être distinct du centre C du contour 19 de la virole, comme cela apparaît sur la figure 1.

[0036] Selon l'invention, le contour 3 de l'ouverture centrale 2 comporte une première partie d'appui 4 et une deuxième partie d'appui 5. Ces parties d'appui 4,5, destinées à coopérer avec l'axe d'un balancier, sont de préférence symétriques l'une de l'autre par rapport à la fente 1. Sur la figure 1, ces parties 4,5 sont rectilignes, c'est-à-dire que leur rayon de courbure du côté de l'ouverture centrale 2 est infini.

[0037] Les parties d'appui 4,5 peuvent partir de points situés au bord de la fente 1.

[0038] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention visible sur la figure 2, il est prévu, de chaque côté de la fente 1, un bras 6 ou 7 partant du bord de cette fente 1.

5 **[0039]** Le bras 6 porte, sur son côté tourné vers le centre B, la première partie d'appui rectiligne 4 du contour de l'ouverture. De façon symétrique, le bras 7 porte la deuxième partie d'appui rectiligne 5.

10 **[0040]** Le rôle des bras 6,7 est d'une part de constituer les points d'appui de la virole sur l'axe du balancier. D'autre part, la présence d'évidements 23,24 entre les bras et la partie voisine de la virole permet de maximiser la longueur de la zone élastique de la virole, qui s'étend alors jusqu'à la fente et couvre un arc de presque 180°
15 sur chaque moitié. Sans les bras 6,7 et les évidements 23,24, la longueur des parties élastiques serait nettement inférieure et le niveau de contrainte serait plus élevé pour un serrage équivalent au niveau de l'axe. De plus, les contraintes peuvent être réparties sur une distance plus grande. On voit donc que la présence de bras 6,7 définis
20 par les évidements 23,24 entre les bras 6,7 et la partie voisine de la virole confère à cette dernière une grande robustesse.

25 **[0041]** Toutefois, les bras 6,7 ne sont en général pas considérés comme des bras élastiques car, lors du chassage de la virole sur l'axe de balancier, en principe, ils ne se déforment pas élastiquement. En effet, la fente de la virole définit deux moitiés de virole 21,22 de part et d'autre de la droite R, indiquées par des traitillés sur la
30 figure 2. Ce sont les formes de ces deux moitiés 21,22 qui donnent à la virole toute son élasticité. Ce fait est confirmé par des simulations de chassage de la virole de la figure 2 qui montrent qu'il n'y a pas de déformation élastique des bras 6,7 suite au chassage d'un axe.

35 **[0042]** Ainsi, la longueur et la forme des bras 6,7 qui sont définies par les évidements 23,24 situés entre les bras 6,7 et la virole, du côté opposé au centre B, sont des paramètres de second ordre. En revanche, la forme des moitiés de virole 21,22 est importante et est choisie
40 de façon à répartir les contraintes élastiques de la façon la plus équilibrée possible le long du contour de la virole et sur les deux moitiés de virole 21,22, tout en garantissant à la fois une élasticité suffisante pour permettre le chassage d'axes de balancier dont le diamètre est compris dans l'intervalle de tolérance souhaité et un niveau de contrainte qui reste toujours nettement inférieur à la limite élastique du matériau. Ce choix peut être réalisé, par exemple, suite à une optimisation de la forme des
45 moitiés de virole 21,22 à l'aide d'un programme de simulation numérique mettant en œuvre la méthode des éléments finis, comme ANSYS.

50 **[0043]** De plus, la présence des bras 6,7 permet de rapprocher le(s) point(s) d'appui correspondant(s) du centre de la virole, et ce, sans épaissir les moitiés de virole 21,22, donc sans les rigidifier. Ceci permet donc d'optimiser de façon séparée le placement des points d'appui et les propriétés de déformation élastique de la virole (amplitude de déformation, répartition des con-

traintes...).

[0044] Comme on peut le voir sur la figure 2, le côté 8,9 de chaque bras 6,7 opposé au centre B peut également être rectiligne.

[0045] Cependant, comme cela est visible sur la figure 3, chaque bras 6,7 est, de préférence, muni à son extrémité libre et sur le côté opposé au centre B, d'un renflement 10,11. Ce renflement permet d'optimiser encore davantage l'équilibrage en ajoutant de la matière mais il ne sert pas de point d'appui ou de butée.

[0046] Comme cela est visible sur la figure 3, les parties d'appui peuvent être concaves, c'est-à-dire que le rayon de courbure des parties d'appui peut être positif du côté de l'ouverture centrale 2.

[0047] L'ouverture centrale 2 est destinée à recevoir un axe de balancier qui a en général une section transversale circulaire. En fonction de la forme de l'ouverture centrale 2, il peut donc y avoir plus ou moins de points de contact 29 entre l'axe du balancier et la virole fendue.

[0048] En se reportant à nouveau à la figure 2, on peut voir que le contour 3 de l'ouverture centrale 2 peut comprendre une troisième partie d'appui 12 située en regard de la fente 1. De préférence, la tangente au niveau du point 29 le plus proche du centre B du contour 3 de l'ouverture centrale 2 est sensiblement perpendiculaire à la droite R (ou à la fente 1). Ce point 29 est le point de contact prévu avec l'axe de balancier.

[0049] Sur cette figure, la partie d'appui 12 est rectiligne, mais elle pourrait être aussi convexe ou concave.

[0050] Ainsi, on voit que l'axe du balancier, dont le pourtour est symbolisé par un cercle 13 de centre A sur la figure, entre en contact avec l'ouverture centrale 2 à trois endroits 29 : sur chacune des première et deuxième parties d'appui rectilignes 4,5 des bras 6,7 et sur la troisième partie d'appui 12, juste en face de la fente 1, au point d'intersection avec la droite R. A ce propos, il est évident que les centres des contours vont se déplacer très légèrement suite au chassage de l'axe du balancier.

[0051] Sur la figure 4 est représentée une variante de la virole fendue représentée sur la figure 1. Ici, le contour de l'ouverture 2 comporte une quatrième partie d'appui 14 et une cinquième partie d'appui 15. Ces parties d'appui 14,15 sont symétriques l'une de l'autre par rapport à la fente 1 et elles se rejoignent en un point 16 situé de préférence en face de la fente 1. Cette configuration permet d'obtenir quatre points de contact 29 entre l'axe du balancier et l'ouverture centrale 2 : deux points de contacts sur les première et deuxième parties d'appui 4,5, qui sont convexes dans cet exemple, et deux autres points de contact sur les quatrième et cinquième parties d'appui 14,15, qui sont rectilignes dans cet exemple.

[0052] Ainsi, sur la figure 4, les parties d'appui 4,5 ont, du côté de l'ouverture centrale 2, un rayon de courbure négatif tandis que les parties d'appui 14,15 ont un rayon de courbure infini.

[0053] De plus, la partie élastique de chaque moitié de virole 21,22 a été maximisée en définissant des évidements 25, 26 et des bras 27,28 portant les parties d'appui

14,15. A nouveau, la forme des moitiés de virole 21,22 est choisie de façon à répartir les contraintes élastiques de façon homogène le long du contour de la virole.

[0054] Sur la figure 5 est représentée une virole fendue à bras 6,7 et 27,28 portant des parties d'appui 4,5 et 14,15 rectilignes, comme sur la figure 2, mais dont le contour 3 de l'ouverture centrale 2 fournit quatre points de contact avec l'axe du balancier.

[0055] Sur la figure 6 est représentée une virole fendue à bras 6,7 et 27,28, mais dont le contour 3 de l'ouverture centrale 2 définit quatre points de contact avec le pourtour de l'axe du balancier. Les parties d'appui 4,5 et 14,15 sont dans cet exemple toutes convexes, c'est-à-dire que leur rayon de courbure du côté du centre B de l'ouverture centrale 2 est négatif.

[0056] Comme on peut le voir sur la figure 6 pour ce qui est des parties d'appui convexes ou sur la figure 3 pour les parties d'appui concaves, les tangentes au niveau des points de contact prévus entre les parties 4,5 et l'axe de balancier et/ou entre les parties 14,15 et l'axe de balancier peuvent former entre elles un angle supérieur ou égal à 60 degrés, voire obtus, du côté du centre de l'ouverture centrale 2.

[0057] Le contour 19 de la virole selon l'invention est généralement sensiblement circulaire. « Sensiblement » signifie ici qu'il ne l'est pas à 100% du fait de l'existence de la fente 1 et, le cas échéant, comme on peut le voir sur les figures 3 et 6, en raison de la présence, en un point situé à proximité du point diamétralement opposé à la fente 1, d'un ergot 17. Ce dernier est situé de préférence en amont du point de fixation ou de départ du ressort spiral (si l'on se réfère au sens de déroulement du spiral de l'intérieur vers l'extérieur). Le contour 19 peut être également non circulaire, voire asymétrique. Il pourrait ainsi protéger les spires en cas de choc. Dans ce cas, il faudra cependant veiller à ce que la virole soit équilibrée pour ne pas provoquer de balourd, et à dimensionner les deux moitiés de virole 21,22 pour qu'elles agissent d'une façon la plus symétrique possible, de façon à minimiser le déplacement du point d'attache du spiral lors de l'assemblage avec l'axe.

[0058] La virole fendue selon l'invention, est, par définition, destinée à supporter un ressort spiral. Le début de celui-ci est visible sur les figures 3 et 6, où il porte le numéro de référence 18.

[0059] Ce ressort spiral 18 est de préférence relié à la virole en un point situé sur le contour 19 de celle-ci, sensiblement en regard de la fente 1. Ceci permet de minimiser le déplacement du ressort spiral lors du montage de la virole sur un axe de balancier et d'éviter d'affecter les propriétés chronométriques. L'exemple de la figure 2, où l'un des points de contact 29 est situé sur ou proche de la droite R, en regard de la fente 1, est particulièrement favorable.

[0060] Le ressort spiral peut être une pièce fixée sur la virole, mais, de préférence, il ne forme qu'une seule pièce avec elle.

[0061] Avantagusement, des trous d'équilibrage 20

sont prévus dans une partie de la virole opposée à la fente 1, le cas échéant, même dans l'ergot 17, comme on peut le voir sur les variantes représentées sur les figures 7 à 10.

[0062] Par ailleurs, comme on peut le noter en se reportant à nouveau aux figures 2 et 4, le point A représentant l'axe de symétrie longitudinal du balancier, le centre B du contour 3 de l'ouverture centrale 2 de la virole et le centre géométrique C du contour 19 de la virole peuvent être tous les trois distincts.

[0063] La virole fendue selon l'invention est dimensionnée à la fois pour maintenir le ressort spiral 18 sur l'axe du balancier lors du fonctionnement de l'oscillateur (couple de serrage minimal) et aussi pour pouvoir être assemblée avec des axes dont les diamètres présentent des fluctuations et ceci, sans se rompre ou subir de déformation plastique si le diamètre de l'axe du balancier reste à l'intérieur d'un intervalle de tolérance donné. Ce point est particulièrement important si la virole est réalisée en un matériau comme le silicium qui n'a pas de domaine de déformation plastique, car le risque de casse ou de fissure est significatif si la contrainte dépasse la limite de déformation élastique.

[0064] Comme cela ressort de ce qui précède, les parties d'appui 4,5 et/ou 14,15 et/ou 12 peuvent être rectilignes (Fig. 1,2,5,7,8,9,10 et 13), c'est-à-dire qu'elles peuvent avoir un rayon de courbure infini, convexes, c'est-à-dire avec un rayon de courbure négatif du côté de l'ouverture centrale 2 (cf. parties 4,5 de la Fig. 4, Fig. 6, Fig. 11), ou concaves (Fig. 3), c'est-à-dire avec un rayon de courbure positif. Dans ce dernier cas cependant, le rayon de courbure positif est supérieur à 0,62 fois le diamètre $d_{\max}$ du cercle le plus grand que l'on peut tracer à l'intérieur du contour de l'ouverture centrale, cercle qui est aussi appelé « cercle inscrit » dans la suite de la description. Ce cercle correspond approximativement au cercle 13 de centre A visible sur les figures 2 et 4, à la différence que le cercle inscrit a un diamètre légèrement plus faible que celui de l'axe de balancier. En effet, un rayon de courbure positif et supérieur à 0,62 fois le diamètre $d_{\max}$ du cercle inscrit permet de définir un seul point de contact entre la partie d'appui et l'axe de balancier : dans le cas de la figure 3, un rayon de courbure supérieur à 0,62 fois le diamètre $d_{\max}$ du cercle inscrit résulte en un espace de 5 microns environ aux extrémités des bras si le point de contact est placé au centre des bras, ce qui est adapté pour définir un seul point de contact. De même un rayon de courbure supérieur au diamètre $d_{\max}$ du cercle inscrit résulte en un espace de 10 microns aux extrémités des bras. Un rayon de courbure supérieur à 0,75 fois le diamètre $d_{\max}$ du cercle inscrit est aussi une valeur adaptée.

[0065] De préférence et quel que soit le mode de réalisation envisagé, les tangentes aux points d'appui 4,5 et/ou 14,15 au niveau des points de contact prévus avec l'axe de balancier, forment entre elles, du côté du centre B de l'ouverture centrale 2, un angle de préférence supérieur ou égal à 60 degrés. Plus préférablement encore,

il s'agit d'un angle obtus.

[0066] Il convient de noter que les parties d'appui 4,5 et/ou 14,15 et/ou 12 sont configurées de manière à définir chacune un point de contact 29 précis avec l'axe du balancier. Le fait de pouvoir définir la configuration et le nombre des points d'appui permet d'équilibrer au mieux les forces qui agissent sur l'axe de balancier. Ceci n'est pas le cas avec une virole selon l'art antérieur dont le rayon de l'ouverture interne est sensiblement égal ou inférieur au rayon de l'axe du balancier, et dont les points d'appui ne sont pas définis.

[0067] La virole fendue selon l'invention peut être constituée de tout matériau approprié, comme le silicium, le quartz, le diamant, etc. Elle peut être fabriquée au moyen des techniques bien connues de micro-fabrication, comme les procédés DRIE pour le silicium, le quartz ou le diamant ou UV-Liga pour le Ni ou le NiP. Ces techniques ont l'avantage de permettre de réaliser facilement des formes ou géométries très complexes.

[0068] Ainsi, par exemple, la forme de la fente 1 n'est pas nécessairement allongée. Sur la figure 11 est représentée une virole fendue selon l'invention dont la fente 1 présente des extrémités arrondies. On remarque de plus que les bras 6,7 portent des parties d'appui convexes et que la troisième partie d'appui 12 est également convexe.

[0069] Sur la figure 13 est représentée une virole dont les points d'appui forment un triangle équilatéral et sont disposés à 120° l'un de l'autre, permettant ainsi un équilibre des forces au niveau du serrage de l'axe.

[0070] Bien entendu, les différentes formes d'exécution présentées ci-dessus ne sont pas limitatives, et les différentes caractéristiques peuvent être combinées entre elles, pour autant qu'elles soient compatibles. Ainsi, il est tout-à-fait possible de réaliser une virole qui combine les deux parties d'appui convexes 4,5 de la virole de la figure 4 avec la partie d'appui rectiligne 12 de la virole de la figure 2.

[0071] Selon l'invention, chaque partie d'appui est prévue pour définir un point de contact unique avec l'axe de balancier.

[0072] Les parties d'appui peuvent montrer des rayons de courbure différents entre elles. De plus, il est aussi possible de faire varier le rayon de courbure le long d'une même partie d'appui.

Procédé de montage d'une pièce d'horlogerie

[0073] Au cours du montage d'une pièce d'horlogerie, lorsque l'ensemble virole-ressort spiral selon l'invention est chassé sur un axe de balancier, chaque moitié de virole 21,22 a la particularité avantageuse de se déformer de façon élastique, c'est-à-dire sans déformation plastique ni risque de rupture.

Essais comparatifs par rapport à EP 2 112 565

[0074] La figure 12 est un graphe représentant l'évo-

lution du couple de tenue M de la virole en fonction du diamètre D de l'axe d'un balancier, pour des viroles fendues selon l'invention et des viroles non fendues selon l'art antérieur, à savoir, la demande de brevet européen précitée n° EP 2 112 565.

[0075] Les pièces ont toutes été fabriquées en silicium suivant le procédé DRIE.

[0076] Les mesures ont été réalisées sur un appareil Variocouple de la société CSM Instruments.

[0077] Les axes de balancier utilisés avaient un diamètre compris entre 0,495 et 0,512 mm. L'intervalle de tolérance souhaité est dans ce cas compris entre 0,500 et 0,506 mm. Le diamètre du cercle inscrit $d_{\max}$ était de 0,485 mm.

[0078] Sur le graphe, les résultats des mesures effectuées avec une virole fendue selon la figure 2 sont symbolisés par des losanges pleins, les résultats obtenus avec une virole selon la figure 4 d'EP 2 112 565 sont représentés par des cercles et ceux donnés par une virole selon la figure 5 d'EP 2 112 565 sont visualisés par des triangles vides.

[0079] Des essais réalisés avec des viroles fendues à ouverture centrale circulaire, similaire à celles décrites dans US 3 785 028 (FR 2 124 243) n'ont pas donné satisfaction, en raison de nombreuses casses constatées au chassage ainsi que de tenues au couple trop faibles pour la plupart des viroles qui ont pu être assemblées avec succès. L'expérience montre que, pour ce genre de géométrie, il est préférable d'utiliser une contre-virole fendue en matériau métallique et/ou de solidariser la virole fendue en silicium à l'axe par collage.

[0080] Les résultats sont jugés satisfaisants lorsque le couple de tenue M est supérieur à la valeur de tenue minimale indiquée en pointillés.

[0081] On constate donc, d'une part, que la dépendance du couple de tenue M au diamètre est plus marquée pour les viroles selon l'art antérieur, et d'autre part, qu'il est difficile d'atteindre la valeur de tenue minimale lorsque le diamètre de l'axe est petit avec ces mêmes viroles selon l'art antérieur.

[0082] Avec la virole fendue selon l'invention, le couple de tenue est supérieur au couple minimal exigé, même pour les petits diamètres en dessous de la tolérance minimale, et la dépendance au diamètre est nettement moindre (pente inférieure d'un facteur trois et six, respectivement, à celles des viroles de l'art antérieur).

[0083] De plus, aucune casse n'a été constatée lors du chassage, même pour les grands diamètres supérieurs à la tolérance maximale, alors que l'on observe typiquement 10% de casse avec les viroles selon l'art antérieur.

Essais sur la virole fendue selon CH 508233

[0084] Des simulations ont été effectuées avec la virole décrite dans le brevet suisse précité CH 508233, afin de voir si ce genre de géométrie est adapté pour réaliser une virole en Si. Un diamètre inscrit $d_{\max}$ de 0,485 mm

avait également été choisi. Il a été constaté que cette virole se casse dès que l'axe du balancier sur lequel elle est chassée a un diamètre supérieur à 0,490 mm (soit $1,01 \times 0,485$ mm). La plage de valeur des diamètres tolérés est donc inférieure à 6 pm. De plus, il est probable que même pour le cas limite de 0,490 mm, la tenue sur l'axe soit trop faible.

Essais sur la virole à pièce en forme de U selon CH 252387

[0085] Des simulations ont été effectuées avec la virole à deux pièces décrite dans le brevet suisse précité CH 252387, afin de voir si ce genre de géométrie est adapté pour réaliser une virole en Si. Un diamètre inscrit $d_{\max}$ de 0,485 mm avait aussi été choisi. On a constaté que cette virole se rompt avec des diamètres d'axe de balancier supérieurs à 0,495 mm (soit $1,02 \times 0,485$ mm) si l'on ne tient pas compte de la bague évidée. Ces résultats sont donc meilleurs que ceux de la virole du brevet suisse CH 508233 mais encore insuffisants. De plus, si la bague évidée est prise en compte, la casse intervient encore plus rapidement. Ceci peut s'expliquer par le fait que c'est la partie située au niveau de la zone de liaison entre les deux bras de la pièce en forme de U qui se déforme et non les deux bras. Dans l'invention, au contraire, l'élasticité de toute la longueur des deux moitiés de virole 21,22 est mise à profit pour accommoder l'axe.

Revendications

1. Virole fendue dont l'ouverture centrale (2) destinée à recevoir un axe de balancier est non circulaire, la virole fendue comprenant une fente (1), **caractérisée en ce que** le contour (3) de l'ouverture centrale (2) comporte un nombre supérieur à deux et limité de parties d'appui (4, 5, 12, 14, 15) destinées à coopérer avec ledit axe de balancier, **en ce qu'**au moins deux parties d'appui (4, 5 ou 14, 15) sont situées sur des bras (6, 7 ou 27, 28) et **en ce que** la virole comprend des évidements (23, 24, 25, 26) entre les bras et la partie voisine des bras.
2. Virole fendue selon la revendication 1, dans laquelle le rayon de courbure des parties d'appui (4, 5, 12, 14, 15), du côté de l'ouverture centrale (2), est négatif, infini ou supérieur à 0,62 fois ou à 0.75 fois ou à une fois le diamètre $d_{\max}$ du cercle le plus grand que l'on peut tracer à l'intérieur du contour (3) de l'ouverture centrale (2).
3. Virole fendue selon la revendication 2, dont le contour (3) de l'ouverture centrale (2) présente sensiblement une symétrie de réflexion orthogonale par rapport à une droite (R) passant par la fente (1) de la virole ainsi que par le centre (B) du contour (3) de l'ouverture centrale (2), et parallèle au plan conte-

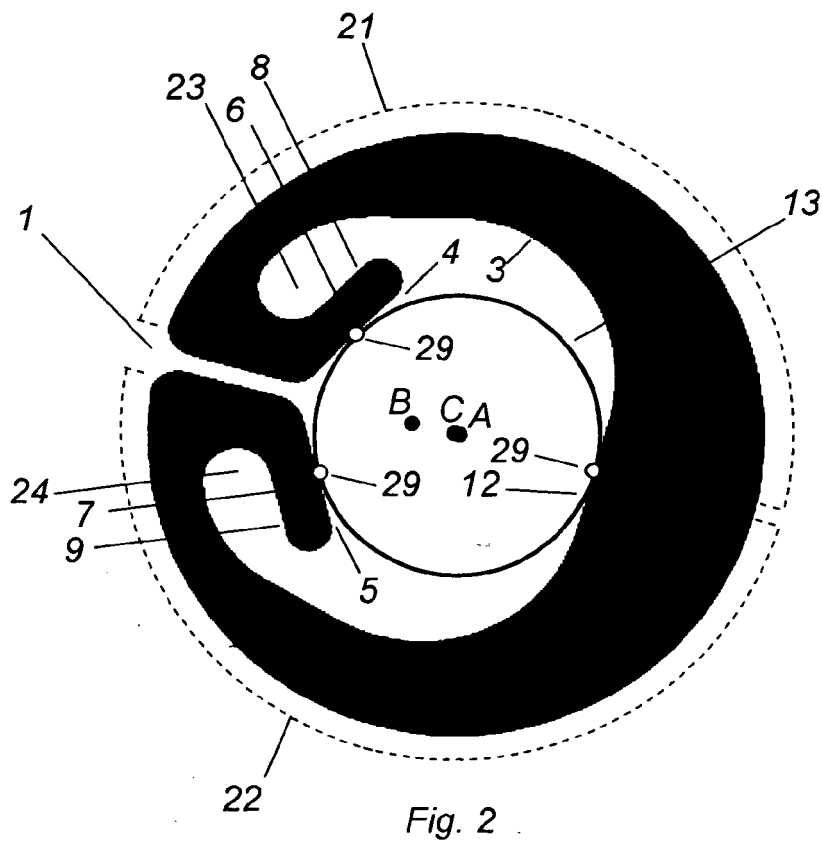
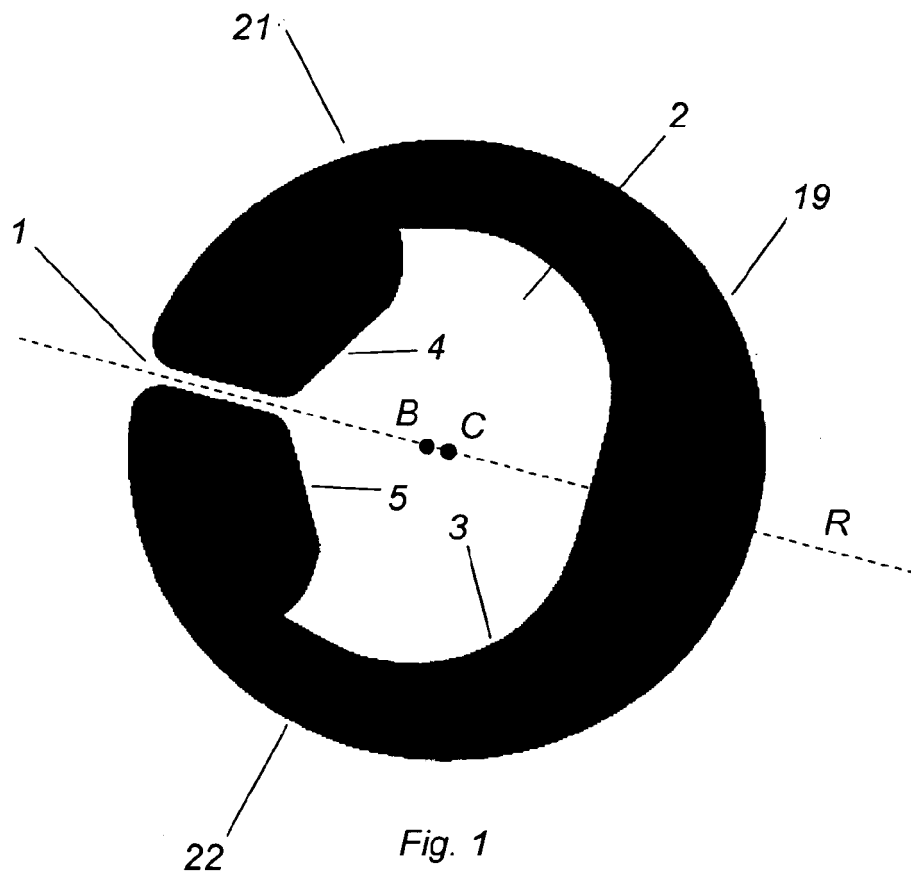
nant la face supérieure de la virole.

4. Virole fendue selon l'une des revendications 1 à 3, dont le centre (B) du contour (3) de l'ouverture centrale (2) est distinct du centre (C) du contour (19) de la virole. 5
5. Virole fendue selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle les parties d'appui (4, 5, 12, 14, 15) sont rectilignes du côté du centre (B) du contour (3) de l'ouverture centrale (2). 10
6. Virole fendue selon l'une des revendications 3 à 5, comportant au moins un couple de parties d'appui (4, 5 ou 14, 15) situées de part et d'autre de la droite (R). 15
7. Virole fendue selon la revendication précédente, comportant au moins un couple de parties d'appui rectilignes (4, 5 ou 14, 15) dans lequel l'une des parties d'appui rectilignes (4 ou 14) forme avec l'autre partie d'appui rectiligne (5 ou 15) un angle supérieur ou égal à 60 degrés du côté du centre (B) du contour (3) de l'ouverture centrale (2). 20
25
8. Virole fendue selon l'une des revendications précédentes et selon la revendication 3, dans laquelle au moins deux parties d'appui (4, 5 ou 14, 15) sont situées sur des bras (6, 7 ou 27, 28) disposés de part et d'autre de la droite (R). 30
9. Virole selon la revendication 8, dans laquelle les bras (6, 7) présentent, à leurs extrémités libres, sur un côté opposé au centre (B), un renflement convexe (10,11). 35
10. Virole fendue selon l'une des revendications 1 à 9, comportant trois ou quatre parties d'appui (4, 5, 12, 14, 15). 40
11. Virole fendue selon l'une des revendications précédentes, comportant, sur son contour (19), en un point situé à proximité du point diamétralement opposé à la fente (1), un ergot (17). 45
12. Virole fendue selon l'une des revendications précédentes, constituée d'un matériau dépourvu de domaine de déformation élastique.
13. Ensemble virole-ressort spiral (18) comprenant une virole selon l'une des revendications précédentes ainsi qu'un ressort spiral (18) relié en un point situé sur le contour (19) de la virole, sensiblement en regard de la fente (1), la virole et le ressort spiral (18) étant par exemple d'un seul tenant. 50
55
14. Ensemble comprenant :

- une virole selon l'une des revendications 1 à 12 ou un ensemble selon la revendication précédente, et
- un axe de balancier, notamment un axe de balancier ayant une section transversale circulaire,

la virole, notamment chaque moitié de virole, étant déformée de façon élastique, sans déformation plastique.

15. Pièce d'horlogerie comprenant un ensemble virole-ressort spiral selon la revendication 13 chassé sur un axe de balancier.



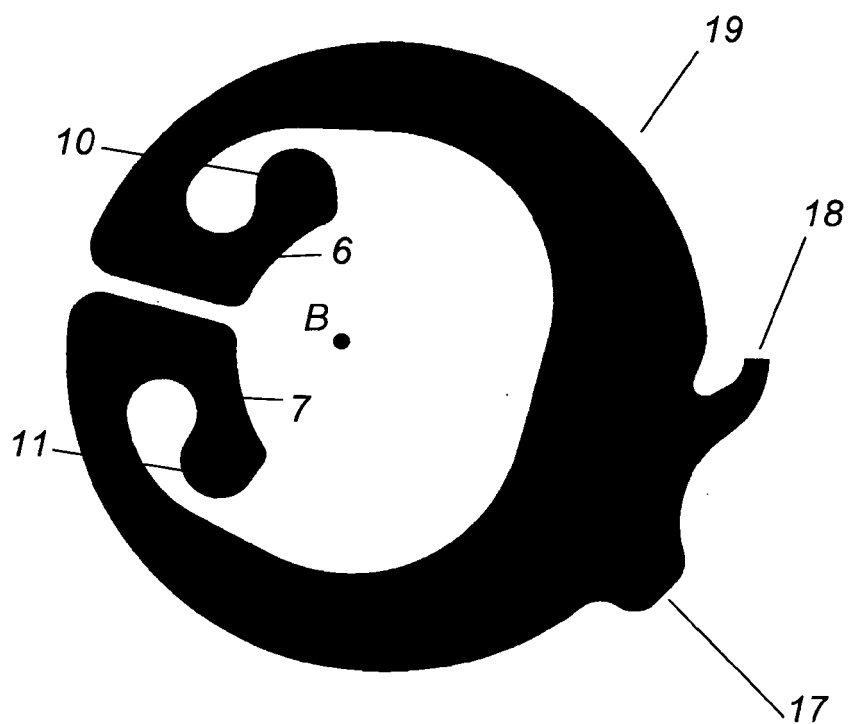


Fig. 3

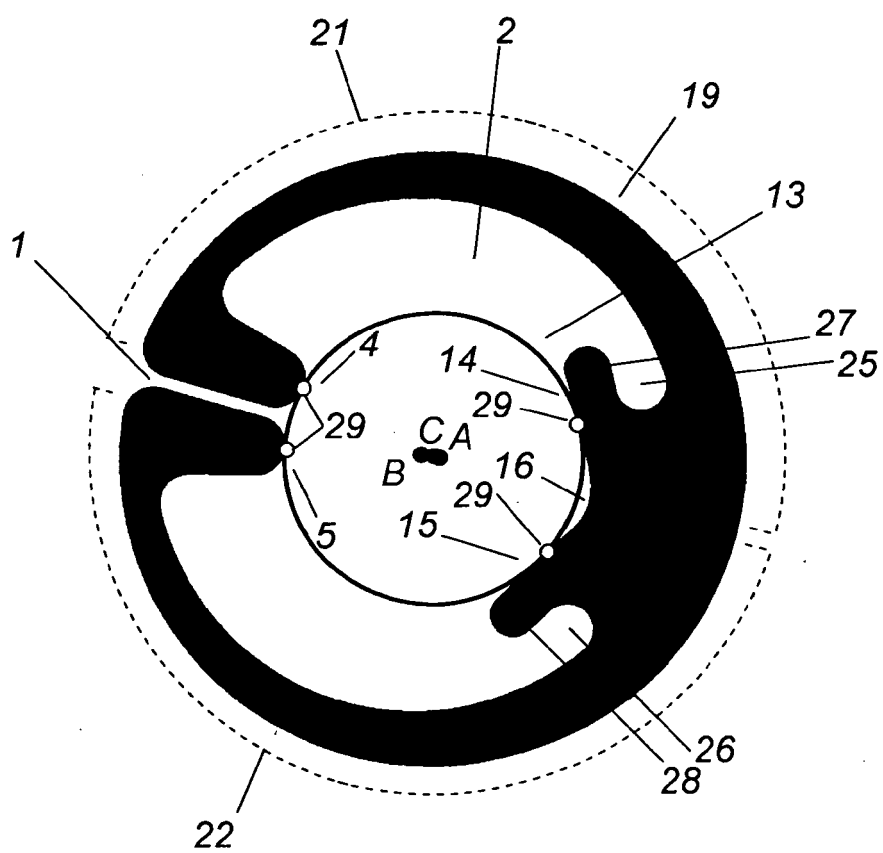


Fig. 4

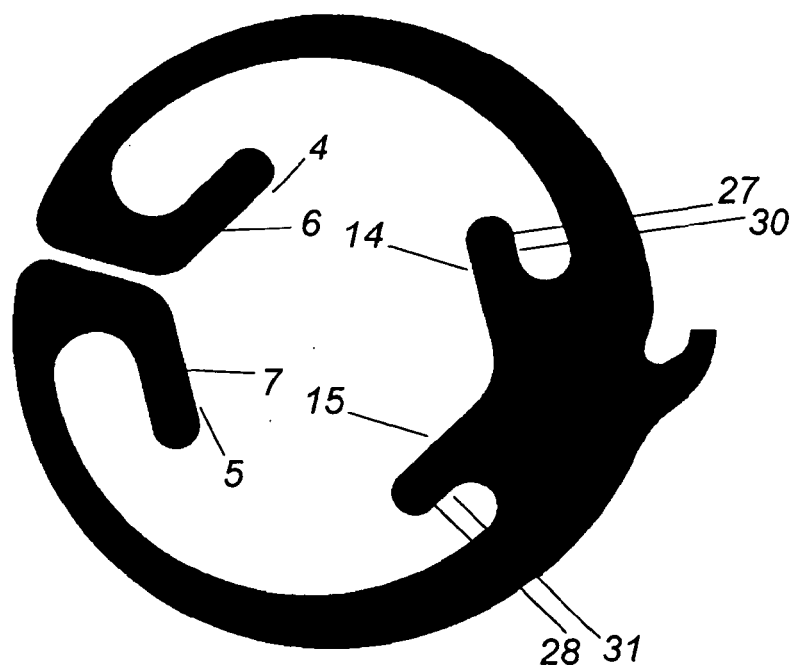


Fig. 5

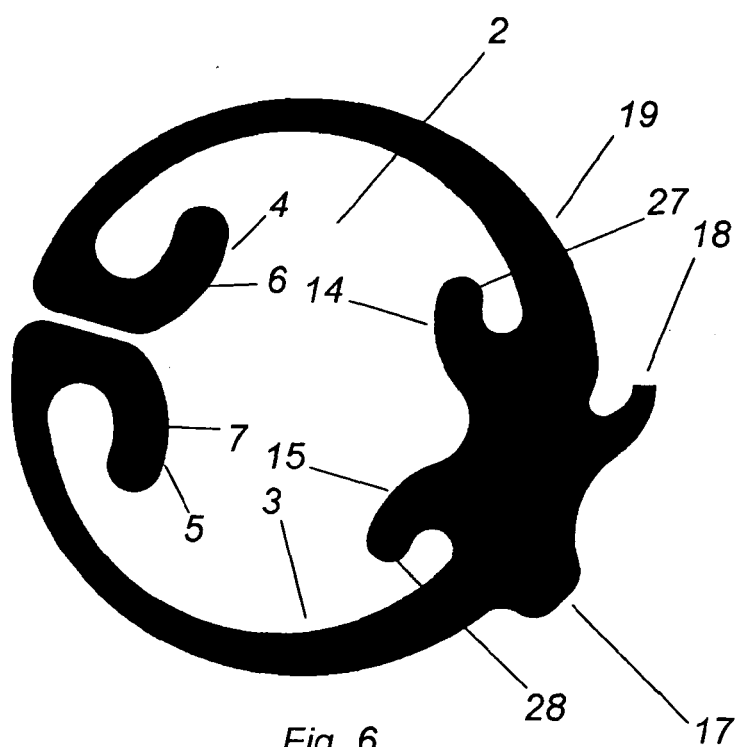
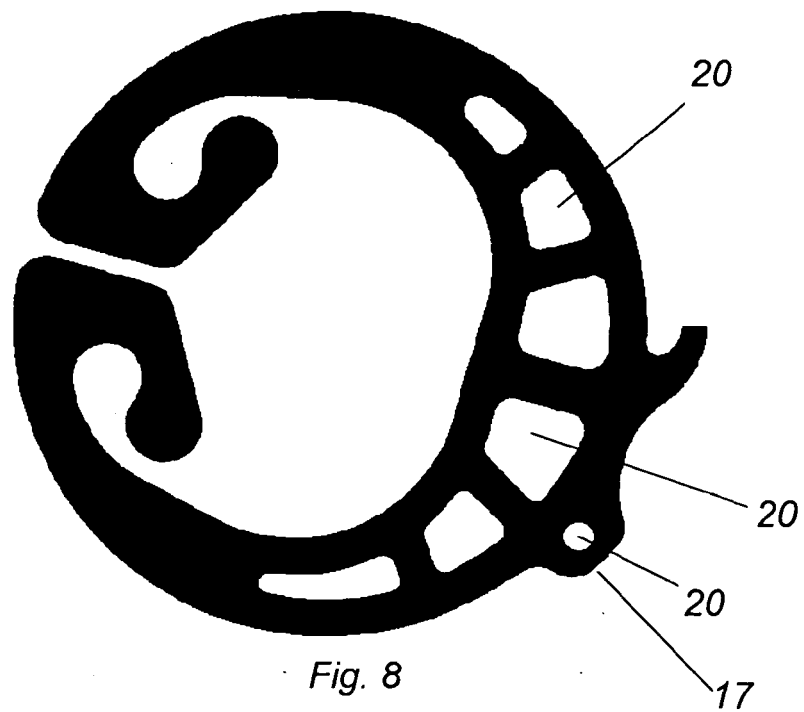
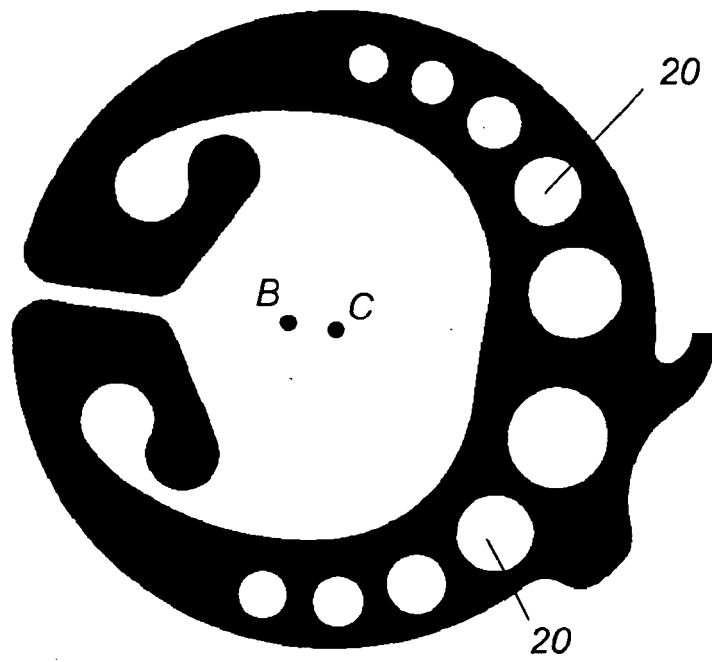
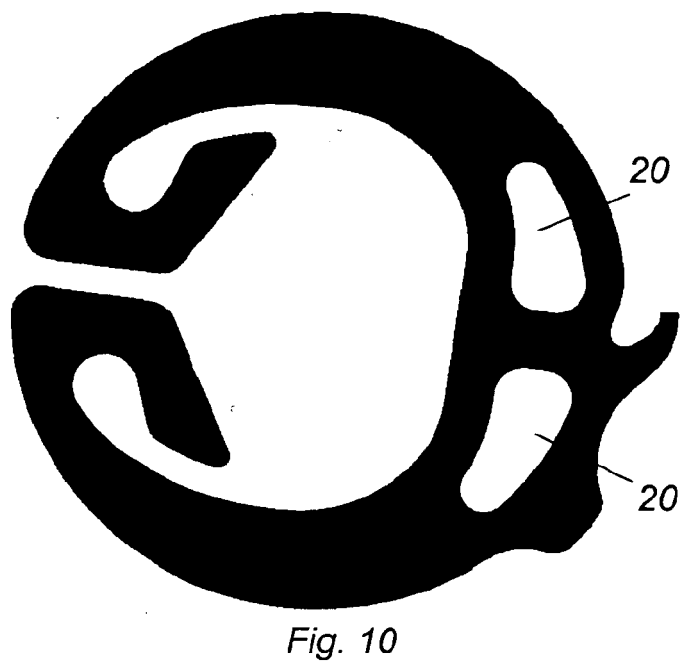
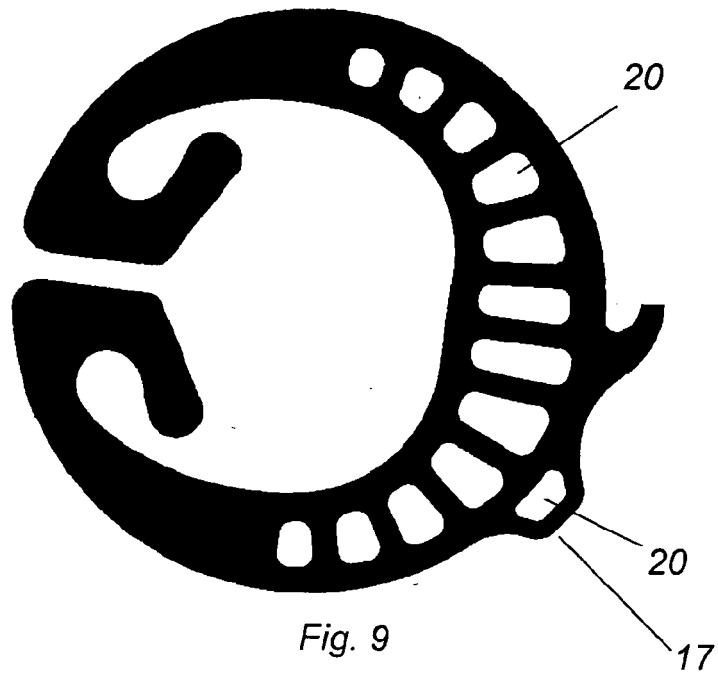


Fig. 6





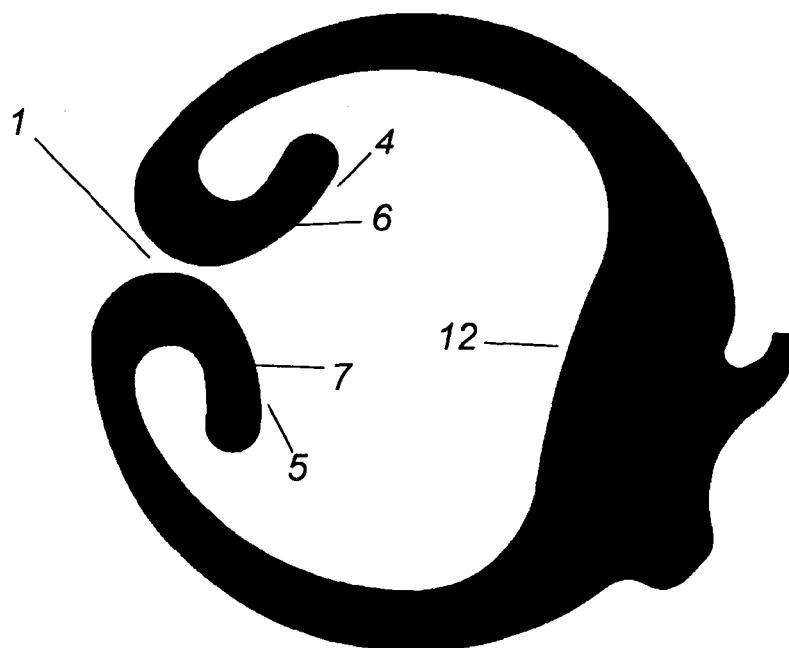


Fig. 11

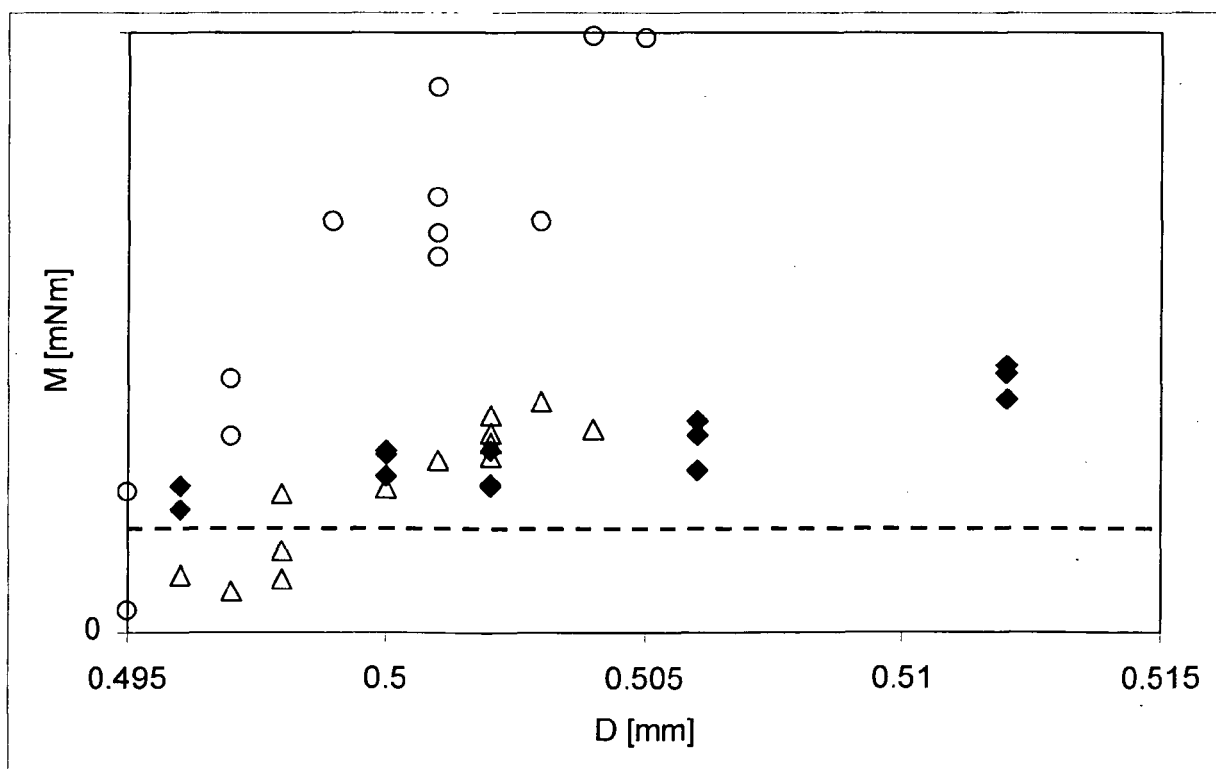


Fig. 12

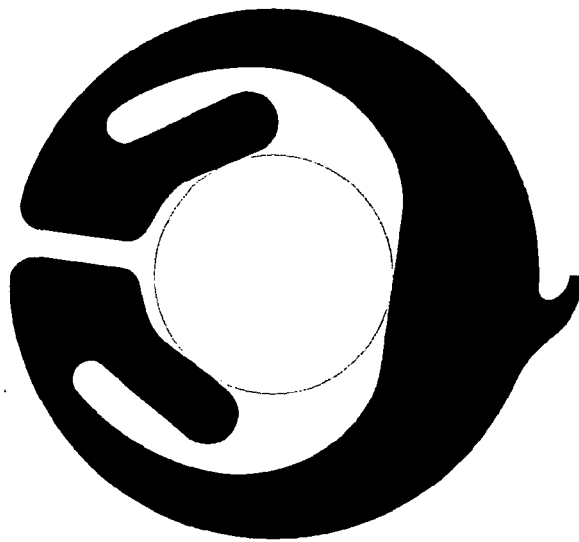


Fig. 13



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 19 20 6569

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	CH 508 233 A (VIROLA SA [CH]) 31 décembre 1970 (1970-12-31)	1,4,10	INV. G04B17/34
Y	* figure 1 *	11,12	
A		2,3,5-9	
X,D	EP 1 302 821 A2 (FRANCK MULLER WATCHLAND SA [CH]) 16 avril 2003 (2003-04-16)	1,10,14,15	
Y	* alinéas [0014] - [0033]; figures 6,7 *	12	
A		2-9,11,13	
A	EP 1 331 528 A2 (FRANCK MULLER WATCHLAND SA [CH]) 30 juillet 2003 (2003-07-30)	1-15	
	* figures 30-32-34-36 *		
Y	EP 1 857 891 A1 (PATEK PHILIPPE SA [CH]) 21 novembre 2007 (2007-11-21)	11,12	
	* alinéas [0003], [0015], [0016] *		
A,D	CH 468 662 A (KULLMANN JEAN CLAUDE [CH]) 31 mars 1969 (1969-03-31)	1-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
	* colonne 3 *		G04B
Y	EP 1 826 635 A1 (PATEK PHILIPPE SA [CH]) 29 août 2007 (2007-08-29)	12	
A	* alinéas [0007] - [0021]; figures 1-8 *	1-11,13-15	
A	EP 2 112 565 A1 (ROLEX SA [CH]) 28 octobre 2009 (2009-10-28)	1-15	
	* alinéas [0017] - [0082]; figures 1-5 *		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		31 janvier 2020	Cavallin, Alberto
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 19 20 6569

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.

31-01-2020

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CH 508233 A	31-12-1970	CH 279069 A4 CH 508233 A	31-12-1970 31-12-1970
EP 1302821 A2	16-04-2003	EP 1302821 A2 JP 2004279203 A US 2004174775 A1	16-04-2003 07-10-2004 09-09-2004
EP 1331528 A2	30-07-2003	CH 695711 A5 EP 1331528 A2	31-07-2006 30-07-2003
EP 1857891 A1	21-11-2007	CN 101375218 A EP 1857891 A1 EP 2018601 A2 JP 5235869 B2 JP 2009537813 A US 2009135679 A1 WO 2007132306 A2	25-02-2009 21-11-2007 28-01-2009 10-07-2013 29-10-2009 28-05-2009 22-11-2007
CH 468662 A	31-03-1969	AUCUN	
EP 1826635 A1	29-08-2007	AT 445865 T EP 1826635 A1	15-10-2009 29-08-2007
EP 2112565 A1	28-10-2009	CN 101566826 A EP 2112565 A1 HK 1133931 A1 JP 5451162 B2 JP 2009265097 A US 2009263182 A1	28-10-2009 28-10-2009 14-01-2011 26-03-2014 12-11-2009 22-10-2009

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 468662 [0004] [0032]
- EP 1302821 A [0005]
- FR 2124243 [0006] [0079]
- US 3785028 A [0006] [0079]
- CH 508233 [0009] [0084] [0085]
- CH 252387 [0010] [0085]
- EP 2112565 A [0011] [0074] [0078]