



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
29.12.2021 Bulletin 2021/52

(51) Int Cl.:
G04B 31/04 (2006.01) **G04B 31/06** (2006.01)
G04B 31/008 (2006.01) **G04B 31/02** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **20182671.6**

(22) Date de dépôt: **26.06.2020**

(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:
• **HELPER, M. Jean-Luc**
2525 Le Landeron (CH)
• **LECHOT, M. Dominique**
2722 Les Reussilles (CH)

(74) Mandataire: **ICB SA**
Faubourg de l'Hôpital, 3
2001 Neuchâtel (CH)

(71) Demandeur: **ETA SA Manufacture Horlogère Suisse**
2540 Grenchen (CH)

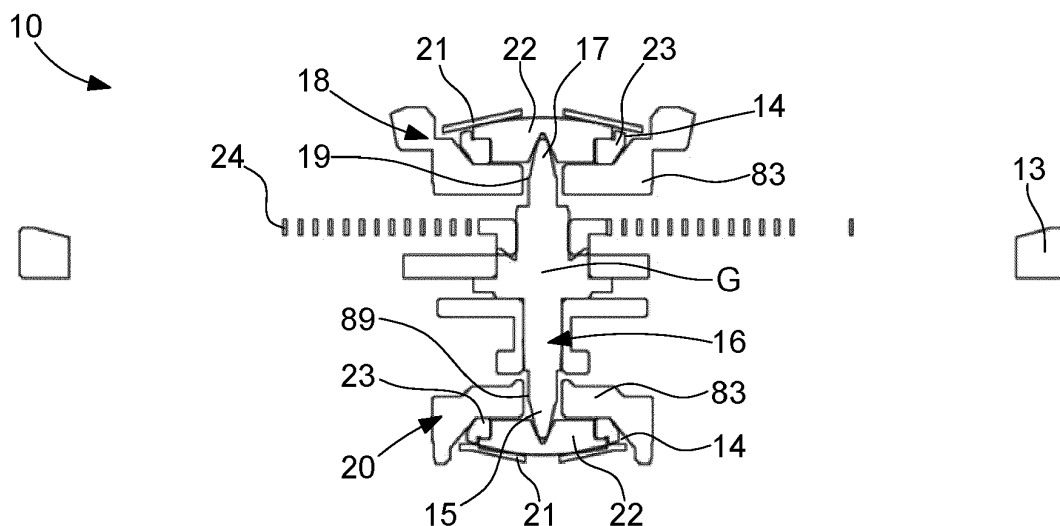
(54) **SYSTÈME MOBILE TOURNANT D'UN MOUVEMENT HORLOGER**

(57) L'invention concerne un système mobile (10) tournant d'un mouvement horloger, le système (10) comprenant un mobile tournant, par exemple un balancier (13), un premier et un deuxième palier (18, 20), notamment amortisseurs de choc, pour un premier et un deuxième pivot (15, 17) de l'axe (16) du mobile tournant, le mobile comportant un centre de masse (G) en une position de son axe (16), le premier palier (18, 20) comportant un contre-pivot comprenant un corps principal muni d'une cavité conique (19) configurée pour recevoir le pre-

mier pivot (17) de l'axe (16) du mobile tournant, le premier pivot (17) étant apte à coopérer avec la cavité (19) du contre-pivot (22) pour pouvoir tourner dans la cavité (19), au moins une zone de contact (29) entre le premier pivot (17) et la cavité (19) étant générée, les normales de la zone de contact (29) formant un angle minimal de contact relatif au plan perpendiculaire à l'axe (16) du pivot (17), l'angle minimal de contact étant inférieur ou égal à 30°,

de préférence inférieur ou égal à $\arctan\left(\frac{1}{2}\right)$.

Fig. 4



DescriptionDomaine de l'invention

- 5 **[0001]** La présente invention concerne un système mobile tournant d'un mouvement horloger, notamment un mécanisme résonateur. L'invention se rapporte encore à un mouvement horloger muni d'un tel système mobile.

Arrière-plan de l'invention

- 10 **[0002]** Dans les mouvements horlogers, les axes des mobiles tournants ont généralement des pivots à leurs extrémités, qui tournent dans des paliers montés dans la platine ou dans des ponts d'un mouvement horloger. Pour certains mobiles, en particulier le balancier, il est d'usage d'équiper les paliers d'un mécanisme amortisseur de choc. En effet, comme les pivots de l'axe d'un balancier sont généralement fins et la masse du balancier est relativement élevée, les pivots peuvent casser sous l'effet d'un choc en l'absence de mécanisme amortisseur.

- 15 **[0003]** La configuration d'un palier amortisseur de choc 1 conventionnel est représentée par la figure 1. Une pierre bombée olivée 2 est chassée dans un support de palier 3 appelé communément chaton, sur lequel est montée une pierre contre-pivot 4. Le chaton 3 est maintenu en appui contre le fond d'un bloc de palier 5 par un ressort amortisseur 6 agencé pour exercer une contrainte axiale sur la partie supérieure de la pierre contre-pivot 4. Le chaton 3 comporte en outre une paroi externe conique agencée en correspondance avec une paroi interne conique disposée à la périphérie
20 du fond du bloc de palier 5. Il existe également des variantes selon lesquelles le chaton comporte une paroi externe présentant une surface de forme convexe, c'est-à-dire bombée.

- [0004]** Cependant, le couple de frottement sur l'axe dû au poids du mobile varie en fonction de l'orientation du mobile par rapport au sens de la gravité. Ces variations du couple de frottement peuvent notamment entraîner une variation de l'amplitude d'oscillation pour le balancier. En effet, lorsque l'axe du mobile est perpendiculaire au sens de la gravité,
25 le poids du mobile repose sur les pierres à trou, et la force de frottement engendrée par le poids a un bras de levier par rapport à l'axe, qui est égal au rayon du pivot. Lorsque l'axe du mobile est parallèle au sens de la gravité, c'est le bout du pivot sur lequel repose le poids du mobile. Dans ce cas, si le bout du pivot est arrondi, la force de frottement engendrée par le poids est appliquée sur l'axe de rotation, et a donc un bras de levier nul par rapport à l'axe. Ces différences de bras de levier engendrent les différences de couple de frottement, qui peuvent aussi générer des différences de marche
30 si l'isochronisme n'est pas parfait.

- [0005]** Pour contrôler ce problème, on a imaginé une autre configuration de palier amortisseur, en partie représenté sur la figure 2. Le palier comporte un contre pivot 7 de type crapaudine, comprenant une cavité 8 en forme de cône pour recevoir un pivot 12 de l'axe 9 du mobile tournant, le fond de la cavité étant formé par le sommet 11 du cône. Le pivot 12 est également conique pour s'insérer dans la cavité 8, mais l'angle solide du pivot 12 est plus petit que celui
35 du cône de la cavité 8. Cette configuration permet rendre presque nul le bras de levier de la force de frottement dans toutes les orientations par rapport à la gravité, en supposant que le pivot 12 reste toujours bien centré dans la cavité 8. Pour cela, il est en général nécessaire de pré-contraindre le système, par exemple avec un palier monté sur ressort, qui appuie en permanence sur le pivot. Néanmoins, ce ressort s'ajoute au poids du mobile, et augmente les frottements. De plus, il est difficile de garantir un bon état de surface du fonds de la cavité, car elle est difficilement accessible par
40 des moyens de polissage.

Résumé de l'invention

- 45 **[0006]** Un but de l'invention est, par conséquent, de proposer un système mobile d'un mouvement horloger qui évite le problème précité.

- [0007]** A cet effet, l'invention concerne un système mobile comprenant un mobile tournant, par exemple un balancier, un premier et un deuxième palier, notamment amortisseurs de choc, pour un premier et un deuxième pivot de l'axe du mobile tournant, le système comportant un centre de masse en une position de son axe, le premier palier comportant un contre-pivot comprenant un corps principal muni d'une cavité conique configurée pour recevoir le premier pivot de
50 l'axe du mobile tournant, le premier pivot étant apte à coopérer avec la cavité du contre-pivot pour pouvoir tourner dans la cavité, au moins une zone de contact entre le premier pivot et la cavité étant générée, les normales de la zone de contact formant un angle minimal de contact relatif au plan perpendiculaire à l'axe du pivot.

- [0008]** Le système est remarquable en ce que l'angle minimal de contact est inférieur ou égal à 30°, de préférence
55 inférieur ou égal à $\arctan\left(\frac{1}{2}\right)$, qui est sensiblement égal à 26,6°.

- [0009]** Grâce à l'invention, la variation de frottement entre les positions horizontales et verticales par rapport à la gravité sont diminuées. En choisissant un angle minimal de contact inférieur ou égal à 30°, voire inférieur ou égal à

$\arctan(\frac{1}{2})$, le couple de frottement dû au poids au contact entre les pivots et les cavités des palier est sensiblement le même quel que soit le sens de la gravité. En effet, un tel angle permet de compenser les variations de force de contact dues au changement d'orientation par rapport à la gravité par des bras de levier de la force de frottement différents sur les deux paliers.

[0010] Ainsi, cette configuration du contre-pivot permet de garder une faible variation du couple de frottement des pivots à l'intérieur des contre-pivots, quelle que soit la position de l'axe par rapport au sens de la gravité, ce qui est par exemple important pour un axe de balancier d'un mouvement d'une pièce d'horlogerie. La forme de cône de la cavité, ainsi que celle du pivot minimisent la différence de couple de frottement entre les différentes positions de l'axe par rapport au sens de la gravité.

[0011] Selon une forme de réalisation avantageuse, le deuxième palier coopère avec le deuxième pivot pour permettre au mobile tournant de tourner autour de son axe, le deuxième palier comprenant une deuxième cavité, le deuxième pivot étant apte à coopérer avec la deuxième cavité du contre-pivot pour pouvoir tourner dans la deuxième cavité, au moins une deuxième zone de contact entre le deuxième pivot et la deuxième cavité étant générée, les normales de la deuxième zone de contact formant un deuxième angle minimal de contact par rapport au plan perpendiculaire à l'axe du deuxième pivot, les angles minimaux de contact des deux pivots et des deux paliers étant définis par l'équation suivante : $\cot\alpha_h + \cot\alpha_b \geq 2.5$, de préférence $\cot\alpha_h + \cot\alpha_b \geq 3$, voire même $\cot\alpha_h + \cot\alpha_b \geq 4$.

[0012] Selon une forme de réalisation avantageuse, le deuxième angle minimal α_b de contact est supérieur ou égal

à $\arctan(\frac{1}{2})$.

[0013] Selon une autre forme de réalisation avantageuse, les angles minimaux de contact (α_b , α_h) sont définis par les équations suivantes :

$$\tan \alpha_b = \frac{\overline{BH}}{4 \overline{GH}}$$

$$\tan \alpha_h = \frac{\overline{BH}}{4 \overline{GB}}$$

$$\frac{R_h}{R_b} = \frac{\mu_b \overline{GH}}{\mu_h \overline{GB}}$$

où BH est la distance entre les extrémités des deux pivots, GH est la distance entre l'extrémité du premier pivot en contact avec le premier palier et le centre de masse du balancier, et GB est la distance entre l'extrémité du deuxième pivot en contact avec le deuxième palier et le centre de masse du balancier.

[0014] Selon une autre forme de réalisation avantageuse, les angles minimaux de contact (α_b , α_h) sont définis par les équations suivantes :

- si $GB < GH$:

$$\tan \alpha_b = \frac{1}{\frac{2\overline{GH}}{\overline{BH}} \sqrt{\left(1 + \frac{2\overline{GH}}{\overline{BH}}\right) \left(1 + \frac{2\overline{GB}}{\overline{BH}}\right)}}$$

$$\tan \alpha_h = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{2\overline{GH}}{\overline{BH}}\right) \left(1 + \frac{2\overline{GB}}{\overline{BH}}\right)}}$$

- si $GB > GH$:

$$\tan \alpha_b = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{2GH}{BH}\right) \left(1 + \frac{2GB}{BH}\right)}}$$

$$\tan \alpha_h = \frac{1}{\frac{2GB}{BH} \sqrt{\left(1 + \frac{2GH}{BH}\right) \left(1 + \frac{2GB}{BH}\right)}}$$

où BH est la distance entre les extrémités des deux pivots, GH est la distance entre l'extrémité du premier pivot en contact avec le premier palier et le centre de masse du balancier, et GB est la distance entre l'extrémité du deuxième pivot en contact avec le deuxième palier et le centre de masse du balancier.

[0015] Selon une autre forme de réalisation avantageuse, la ou les zones de contact font le tour du pivot et de la cavité autour de l'axe du balancier.

[0016] Selon une forme de réalisation avantageuse, le premier pivot est une forme conique.

[0017] Selon une forme de réalisation avantageuse, le premier pivot présente une portion convexe et la cavité présente une portion concave, une partie de chaque portion formant la zone de contact.

[0018] Selon une forme de réalisation avantageuse, le premier pivot présente une portion concave et la cavité présente une portion convexe, une partie de chaque portion formant la zone de contact.

[0019] Selon une forme de réalisation avantageuse, le premier pivot présente une portion convexe et la cavité présente une portion convexe, une partie de chaque portion formant la zone de contact.

[0020] Selon une forme de réalisation avantageuse, les deux angles minimaux de contact sont égaux.

[0021] Selon une forme de réalisation avantageuse, l'extrémité du pivot est définie par l'intersection entre la normale au contact et l'axe du pivot.

[0022] Selon une forme de réalisation avantageuse, les pivots ont un bout arrondis.

[0023] Selon une forme de réalisation avantageuse, les bouts arrondis des deux pivots ont des rayons identiques.

[0024] L'invention se rapporte également à un mouvement horloger comprenant une platine et au moins un pont, ladite platine et/ou le pont comportant un tel système mobile.

Description sommaire des dessins

[0025] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de plusieurs formes de réalisation données uniquement à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente une section transversale d'un palier de maintien amortisseur de choc pour un axe d'un mobile tournant selon un premier mode de réalisation de l'état de la technique ;
- la figure 2 représente schématiquement un contre-pivot d'un palier et un pivot d'un axe d'un mobile tournant selon un deuxième mode de réalisation de l'état de la technique ;
- la figure 3 représente une vue en perspective d'un système mobile tournant, ici un mécanisme résonateur comprenant un mobile tournant, tel un balancier, selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 représente une vue en coupe du système mobile tournant de la figure 3 ;
- la figure 5 représente un pivot et un palier selon le premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 6 représente schématiquement un modèle des paliers et des pivots d'un système mobile tournant selon le premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 7 est un graphique montrant les angles de contact optimaux pour les deux paliers et pivots pour chaque position du centre de masse sur l'axe du balancier dans une première configuration,
- la figure 8 est un graphique montrant la différence des rayons optimaux des extrémités des deux pivots en fonction de la position du centre de masse
- la figure 9 est un graphique montrant la variation de couple de frottement en fonction de l'orientation $\square$
- la figure 10 est un graphique montrant comment varie les angles optimaux en fonction de la position relative du centre de masse, dans une deuxième configuration où les extrémités des pivots sont identiques,
- la figure 11 est un graphique montrant la variation de ε en fonction de la position relative du centre de masse pour la deuxième configuration,
- la figure 12 est un graphique montrant la variation de couple de frottement en fonction de l'orientation $\square$ pour la

deuxième configuration,

- la figure 13 est un graphique montrant la variation des angles optimaux en fonction de la position relative du centre de masse pour une troisième configuration, et
- la figure 14 est un graphique montrant la variation de couple de frottement en fonction de l'orientation $\square$ pour la troisième configuration,
- la figure 15 représente schématiquement une vue agrandie d'un palier et d'un pivot d'un système mobile tournant selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 16 représente schématiquement une vue agrandie d'un palier et d'un pivot d'un système mobile tournant selon un troisième mode de réalisation de l'invention ; et
- la figure 17 représente schématiquement une vue agrandie d'un palier et d'un pivot d'un système mobile tournant selon un quatrième mode de réalisation de l'invention

Description détaillée de modes de réalisation préférés

[0026] Dans la description, les mêmes numéros sont utilisés pour désigner des objets identiques. Dans un mouvement horloger, le palier sert à maintenir un axe d'un mobile tournant, par exemple un axe de balancier, en lui permettant d'effectuer des rotations autour de son axe. Le mouvement horloger comprend généralement une platine et au moins un pont, non représentés sur les figures, ladite platine et/ou le pont comportant un orifice, le mouvement comprenant en outre un mobile tournant et un palier inséré dans l'orifice.

[0027] Les figures 3 et 4 montrent un système mobile tournant muni d'un balancier 13 et un ressort spiral 24, le balancier 13 comportant un axe 16. L'axe 16 comprend un pivot 15, 17 à chaque extrémité. Chaque palier 18, 20 comporte un bloc de palier 83 cylindrique muni d'un logement 14, un contre-pivot 22 agencé dans le logement 14, et une ouverture 19 opérée dans une face du palier 18, 20, l'ouverture 19 laissant un passage pour insérer le pivot 15, 17 dans le palier jusqu'au contre-pivot 22. Le contre-pivot 22 est monté sur un support de palier 23 et comprend un corps principal muni d'une cavité configurée pour recevoir le pivot 15, 17 de l'axe 16 du mobile tournant. Les pivots 15, 17 de l'axe 16 sont insérés dans le logement 14, l'axe 16 étant maintenu tout en pouvant tourner pour permettre le mouvement du mobile tournant.

[0028] Les deux paliers 18, 20 sont amortisseurs, et comprennent en plus un support élastique 21 du contre-pivot 22 pour amortir les chocs et éviter que l'axe 16 ne se brise. Un support élastique 21 est par exemple un ressort plat à déformation axiale sur lequel le contre-pivot 22 est assemblé. Le support élastique 21 est emboîté dans le logement 14 du bloc de palier 13 et il maintient le contre-pivot 22 dans le logement 14. Ainsi, lorsque la pièce horlogère subit un choc violent, le support élastique 21 absorbe le choc et préserve l'axe 16 du mobile tournant.

[0029] Dans un premier mode de réalisation des figures 5 et 6, le pivot 15, 17 a une forme de premier cône 26 sensiblement circulaire présentant un premier angle d'ouverture 31. L'angle d'ouverture 31 est le demi-angle formé à l'intérieur du cône par sa paroi externe.

[0030] La cavité 28 du contre-pivot 22 a une forme de second cône présentant un second angle d'ouverture 32 au sommet. Pour que le pivot 15, 17 puisse tourner dans la cavité, le second angle d'ouverture 32 est supérieur au premier angle d'ouverture 31 du premier cône 26.

[0031] Le pivot 15, 17 et les cavités 28 coopèrent pour former une zone de contact 29. La zone de contact 29 est définie par les parties du second cône et du pivot 15, 17 qui sont en contact. La zone de contact 29 fait le tour du pivot 15, 17 et de la cavité 28.

[0032] Les normales à la zone de contact 29 sont des droites perpendiculaires à la zone de contact 29. Les normales forment un angle minimal, dit angle minimal de contact, par rapport au plan perpendiculaire à l'axe du pivot.

[0033] Selon l'invention, l'angle minimal de contact est inférieur ou égal à 30° , de préférence inférieur ou égal à

$$\arctan\left(\frac{1}{2}\right).$$

[0034] Dans ce premier mode de réalisation où la cavité 28 et les pivots 15, 17 sont coniques, la normale correspond à la droite perpendiculaire à la paroi du second cône, c'est-à-dire le cône de la cavité 28. Ainsi, l'angle minimal de contact est équivalent au demi-angle d'ouverture du second cône de la cavité 28. Pour que l'angle minimal de contact soit

inférieur ou égal à 30° , voire inférieur ou égal à $\arctan\left(\frac{1}{2}\right)$, par rapport au plan perpendiculaire au pivot, le second

angle du second cône doit être inférieur ou égal à 60° , voire inférieur ou égal à $2 * \arctan\left(\frac{1}{2}\right) = 53.13^\circ$.

[0035] Ces valeurs d'angles sont calculées à partir d'équations modélisant les frottements des pivots et des paliers. Pour pouvoir décrire les formules qui donnent les angles optimaux, on définit les grandeurs géométriques suivantes, esquissées sur la figure 6 :

- $\square_b$ et $\square_h$ sont les angles entre les génératrices des cônes et l'axe de symétrie des cônes, pour le palier du bas et celui du haut ;
- R_b et R_h sont les rayons des calottes sphériques des bouts des pivots en bas et en haut de l'axe du balancier ;
- B et H sont les centres des calottes sphériques des bouts des pivots en bas et en haut de l'axe du balancier ;
- G est la position du centre de masse, supposé sur la droite BH (balancier équilibré) ;

[0036] Pour évaluer la différence de frottements en fonction de la gravité, on distingue deux ensembles d'orientation et deux types de contraintes appliquées sur la géométrie du système mobile :

- les deux ensembles d'orientation sont les suivants :

O_1 : l'angle $\square$ entre l'axe du balancier et la gravité parcourt tout l'intervalle $[0^\circ, 180^\circ]$,

O_2 : l'angle $\square$ entre l'axe du balancier et la gravité parcourt les 3 valeurs ponctuelles 0° , 90° et 180° ,

- les deux types de contraintes sur la géométrie sont les suivantes :

C_1 : aucune contrainte sur les rayons R_b et R_h et les angles $\square_b$ et $\square_h$,

C_2 : pour des questions de facilité de fabrication, on impose $R_b = R_h$, et on suppose $\square_b = \square_h$,

[0037] On désigne par $M_{fr,max}$, respectivement $M_{fr,min}$, le couple de frottement maximum, respectivement minimum, sur tous les angles $\square$ considérés (soit toute la plage $[0^\circ, 180^\circ]$ dans le cas de O_1 , soit les 3 valeurs 0° , 90° et 180° dans le cas de O_2). On cherche à minimiser la variation relative maximale de couple, définie par

$$\varepsilon = \frac{M_{fr,max} - M_{fr,min}}{M_{fr,min}}$$

[0038] Dans le cas O_1 , pour un axe de mobile tournant muni de deux pivots, tel que schématisé sur la figure 6, l'angle minimal de contact (α) optimal entre les couples pivot-palier est défini par les équations suivantes :

$$\tan \alpha_b = \frac{\overline{BH}}{4 \overline{GH}}$$

$$\tan \alpha_h = \frac{\overline{BH}}{4 \overline{GB}}$$

$$\frac{R_h}{R_b} = \frac{\mu_b \overline{GH}}{\mu_h \overline{GB}}$$

où BH est la distance entre les extrémités des deux pivots 15, 17, et GH est la distance entre l'extrémité du pivot 15, 17 et le centre de masse G du balancier 2.

[0039] Ces équations sont issues d'un modèle à trois dimensions du contact entre le pivot et le contre-pivot, dans lequel l'extrémité du pivot est modélisée par une sphère. Dans le cas général, B et H sont définis par l'intersection entre la normale au contact et l'axe du pivot. De préférence, les bouts des pivots sont arrondis, B et H sont définis par le centre de la sphère. Ainsi, le rayon du bout arrondi correspond au segment entre le contact et l'intersection de la normale au contact et de l'axe du pivot 15, 17.

[0040] Cette relation s'applique aux pivots ayant des formes différentes. Les rayons R_b et R_h des bouts arrondis peuvent être différents l'un de l'autre.

[0041] Ainsi, selon la position du centre de masse G , les premiers cônes des deux pivots 15, 17 peuvent avoir des angles d'ouverture différents. Mais s'ils répondent à cette relation, la variation de frottements entre les positions verticales

et horizontales est diminuée par rapport à d'autres géométries de pivots et de cavités. Dans ce cas, la variation relative de couple $\square$ est de 41%.

[0042] Ces relations conviennent également pour l'ensemble O_2 des trois positions de l'angle $\square$ entre l'axe du balancier et la gravité (0° , 90° et 180°) avec une variation nulle, où $\square = 0\%$.

[0043] Le graphique de la figure 7 montre les angles de contact optimaux pour les deux paliers et pivots pour chaque position du centre de masse sur l'axe du balancier. Le cas particulier où le centre de masse G est au milieu de B et H , et si les coefficients de frottement sont égaux entre le bas et le haut, alors on a des paliers symétriques ($R_b = R_h$), avec

$\square_b$ et $\square_h = \arctan\left(\frac{1}{2}\right) = \text{env. } 26.6^\circ$. Ainsi, l'angle d'ouverture souhaitable pour des cônes est d'environ 53.2° .

Dans les autres cas, les angles de contact des deux couples paliers-pivots sont différents. On remarque ainsi, qu'il y a

toujours l'un des deux angles de contact avec une valeur inférieure ou égale à $\arctan\left(\frac{1}{2}\right)$ et l'autre angle avec une

valeur supérieure ou égale à $\arctan\left(\frac{1}{2}\right)$. Un autre cas où le centre de masse se trouve à un quart de longueur de l'axe d'un premier pivot, l'angle de contact optimal de ce premier pivot est de 45° , tandis que le second pivot a un angle

de contact optimal égal à $\arctan\left(\frac{1}{3}\right) = 18.435^\circ$. Ainsi pour les cavités coniques, on a un cône d'angle d'ouverture

égal à 90° , et l'autre cône d'angle d'ouverture égal à $2 * \arctan\left(\frac{1}{3}\right) = 28,07^\circ$.

[0044] Chaque angle de contact optimal est compris dans un intervalle allant de 14° à 90° . L'angle de contact le plus petit est celui du pivot le plus proche du centre de masse.

[0045] Le graphique de la figure 8 montre la différence des rayons optimaux des extrémités des deux pivots en fonction de la position du centre de masse. Ainsi, on remarque que pour un centre de masse au milieu du l'axe de balancier, les rayons sont de préférence égaux pour les deux extrémités.

[0046] Un exemple de variation de couple de frottement en fonction de l'orientation $\square$ est montré sur la graphique 9. La courbe est symétrique par rapport à la position 90° . Le couple augmente progressivement de 0 à 45° , puis diminue de 45° à 90° , augmente à nouveau de 90° à 135° , et diminue de 135° à 180° . Cette courbe de variation est la même quel que soit le cas optimal, à un facteur d'échelle près.

[0047] Dans un second mode de réalisation de la modélisation du système mobile, où les deux pivots ont des formes identiques à ceux du premier modèle, l'angle minimal de contact est défini dans deux cas distincts par les équations suivantes :

- si $GB < GH$:

$$\tan \alpha_b = \frac{1}{\frac{2GH}{BH} \sqrt{\left(1 + \frac{2GH}{BH}\right) \left(1 + \frac{2GB}{BH}\right)}}$$

$$\tan \alpha_h = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{2GH}{BH}\right) \left(1 + \frac{2GB}{BH}\right)}}$$

- si $GB > GH$:

$$\tan \alpha_b = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{2GH}{BH}\right) \left(1 + \frac{2GB}{BH}\right)}}$$

$$\tan \alpha_h = \frac{1}{\frac{2\overline{GB}}{\overline{BH}} \sqrt{\left(1 + \frac{2\overline{GH}}{\overline{BH}}\right) \left(1 + \frac{2\overline{GB}}{\overline{BH}}\right)}}$$

où BH est la distance entre les extrémités des deux pivots, GB et GH sont la distance entre une extrémité du pivot et le centre de masse du balancier. Le modèle à trois dimensions du contact entre le pivot et le contre-pivot comporte en outre le principe que les deux pivots ont la même forme, en particulier pour le bout arrondi du pivot de rayon semblable $R_b = R_h$.

[0048] Les graphiques des figures 10 et 11 montrent comment varient les angles optimaux et la variation $\square$ en fonction de la position relative du centre de masse. Dans ce cas également, il y a toujours l'un des deux angles avec une valeur

inférieure ou égale à $\arctan(\frac{1}{2})$ et l'autre angle avec une valeur supérieure ou égale à $\arctan(\frac{1}{2})$. Le cas particulier où le centre de masse G est au milieu de B et H , et si les coefficients de frottement sont égaux entre le bas et le haut,

alors on a des paliers avec $\square_b$ et $\square_h = \arctan(\frac{1}{2}) = 26.6^\circ$ environ.

[0049] Un exemple de variation de couple en fonction de l'orientation $\square$ est représenté sur la figure 12. Dans ce cas, la courbe est symétrique pour une valeur supérieure à 90° . Ainsi, pour des pivots de même forme et de même rayon, le point de symétrie de la courbe est décalé par rapport à celui à 90° du premier mode de réalisation.

[0050] Pour le cas $O_2 (0^\circ, 90^\circ, 180^\circ)$ avec $C_2 (R_b = R_h, \square_b = \square_h)$, on obtient deux cas distincts:

- si $GB < GH$:

$$\tan \alpha_b = \tan \alpha_h = \frac{\overline{BH}}{4\overline{GH}}$$

- si $GB > GH$:

$$\tan \alpha_b = \tan \alpha_h = \frac{\overline{BH}}{4\overline{GB}}$$

où BH est la distance entre les extrémités des deux pivots, GB et GH sont la distance entre une extrémité du pivot et le centre de masse du balancier.

[0051] Dans ce cas, la variation relative de couple $\square$ est de 0%: les couples de frottement sont parfaitement égaux en $\square = 0^\circ, 90^\circ$ et 180° . Par contre, le couple de frottement varie pour des angles différents de ces 3 valeurs.

[0052] Le graphique de la figure 13 montre la variation des angles optimaux en fonction de la position relative du centre de masse pour cette configuration. Les deux angles sont égaux et ont une valeur inférieure ou égale à

$\arctan(\frac{1}{2}) = 26.6^\circ$ environ. Un exemple de variation de couple en fonction de l'orientation $\square$ est représenté sur le graphique de la figure 14.

[0053] Quel que soit le choix du model associé au système, les angles minimaux de contact des deux pivots et des deux paliers, vérifient l'équation suivante : $\cot \alpha_b + \cot \alpha_h \geq \sqrt{12}$.

[0054] Les figures 15 à 17 montrent d'autres exemples de pivots et de cavités répondant aux équations citées précédemment, tout en ayant des formes qui ne sont pas entièrement coniques, tel que les exemples précédents.

[0055] Ainsi, dans une première variante de réalisation de la figure 15, le premier pivot 33 présente une portion convexe 37 et la cavité 35 présente une portion convexe 38, une partie de chaque portion formant la zone de contact 41. La cavité 35 comprend un fond 39, puis une première partie évasée 42 s'étendant depuis le fond 39, la portion convexe 38 est connectée à la première portion évasée 42, et une seconde portion évasée 65 s'étend depuis la portion convexe 38 jusqu'à une paroi cylindrique 66 de la cavité 35. La seconde portion évasée 65 est plus large que la première 42. La portion convexe 38 présente une forme arrondie orientée vers l'intérieur de la cavité 35.

[0056] Le pivot 33 présente une pointe arrondie 40 à son extrémité, puis une portion convexe 37 s'étendant depuis

la pointe 40, et une portion conique 71 s'étendant depuis la portion convexe 37 jusqu'à une portion cylindrique 72 du pivot 33.

[0057] Le pivot 33 est inséré dans la cavité 35, les dimensions du pivot 33 et de la cavité 35 étant telles que la portion convexe 37 du pivot 33 soit en contact avec la portion convexe 38 de la cavité 35. Les deux portions convexes 37, 38 en contact définissent la zone de contact 41. Seule une partie de chaque portion convexe 37, 38 est en contact l'une avec l'autre. La zone de contact 41 se fait ici au-dessus de la première portion évasée 42 pour favoriser un angle minimal de contact plus petit. Les normales de la zone de contact 41 autour du pivot 33 font un angle minimal de contact avec le plan perpendiculaire au pivot, cet angle minimal correspond à un cas répondant aux équations précédentes selon l'invention, par exemple ici de 25°.

[0058] Pour la deuxième variante de la figure 16, le premier pivot 43 présente une portion convexe 47 et la cavité 45 présente une portion concave 48. La cavité 45 comprend un fond 49, puis une première partie évasée 52 s'étendant depuis le fond 49, la portion concave 48 est connectée à la première portion évasée 52, et une seconde portion évasée 67 s'étend depuis la portion convexe 48 jusqu'à une paroi cylindrique 68 de la cavité. La seconde portion évasée 67 est plus large que la première 52. La portion concave 48 présente une forme arrondie orientée vers l'extérieur de la cavité 45.

[0059] Le pivot 43 comprend une excroissance arrondie 50 à son extrémité, une portion convexe 47 reliée à l'excroissance 50 par une portion évasée 75, la portion convexe 47 étant reliée à une portion cylindrique 68 du pivot 43.

[0060] Le pivot 43 est inséré dans la cavité 45, les dimensions du pivot 43 et de la cavité 45 étant telles que la portion convexe 47 du pivot 43 soit en contact avec la portion concave 48 de la cavité 45. Les deux portions convexe 47 et concave 48 en contact définissent la zone de contact 51. Seule une partie de chaque portion convexe 47 ou concave 48 est en contact l'une avec l'autre. La zone de contact 51 se fait ici en-dessous de la seconde portion évasée 67 pour favoriser un angle minimal de contact plus petit. Les normales de la zone de contact 51 autour du pivot 43 font un angle minimal de contact avec le plan perpendiculaire au pivot 43, cet angle minimal correspond à un cas répondant aux équations précédentes selon l'invention, par exemple ici de 25°.

[0061] Dans la troisième variante, représentée sur la figure 17, le premier pivot 53 présente une portion concave 57 et la cavité 55 présente une portion convexe 58, une partie de chaque portion formant la zone de contact 61.

[0062] Le pivot 53 présente une portion concave 57 et la cavité 55 présente une portion convexe 58. La cavité 55 comprend un fond 59, puis une première portion cylindrique 62 s'étendant depuis le fond 59, la portion convexe 58 étant connectée à la première portion cylindrique 62, et une portion évasée 69 s'étend depuis la portion convexe 58 jusqu'à une paroi cylindrique 70 de la cavité 55. La portion convexe 58 présente une forme arrondie orientée vers l'intérieur de la cavité 55.

[0063] Le pivot 53 comprend une extrémité arrondie 60, une portion concave 57 reliée à l'extrémité arrondie 60 d'une part, et à une portion cylindrique 70 du pivot 53 d'autre part.

[0064] Le pivot 53 est inséré dans la cavité 55, les dimensions du pivot 53 et de la cavité 55 étant telles que la portion concave 57 du pivot 53 soit en contact avec la portion convexe 58 de la cavité 55. Les deux portions convexe 58 et concave 57 en contact définissent la zone de contact 61. Seule une partie de chaque portion convexe 58 ou concave 57 est en contact l'une avec l'autre. La zone de contact 61 se fait ici au-dessus de la portion cylindrique 62 de la cavité 55 pour favoriser un angle minimal de contact plus petit. Les normales de la zone de contact 61 autour du pivot 53 font un angle minimal de contact avec le plan perpendiculaire au pivot 53, cet angle minimal correspond à un cas répondant aux équations précédentes selon l'invention, par exemple ici de 25°.

[0065] Naturellement, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits en référence aux figures et des variantes pourraient être envisagées sans sortir du cadre de l'invention.

Revendications

1. Système mobile tournant (10) d'un mouvement horloger, le système (10) comprenant un mobile tournant, par exemple un balancier (13), un premier et un deuxième palier (18, 20), notamment amortisseurs de choc, pour un premier et un deuxième pivot (15, 17) de l'axe (16) du mobile tournant, le mobile comportant un centre de masse (G) en une position de son axe (16), le premier palier (18, 20) comportant un contre-pivot (22) comprenant un corps principal muni d'une cavité conique (19) configurée pour recevoir le premier pivot (17) de l'axe (16) du mobile tournant, le premier pivot (17) étant apte à coopérer avec la cavité (19) du contre-pivot (22) pour pouvoir tourner dans la cavité (19), au moins une zone de contact (29) entre le premier pivot (17) et la cavité (19) étant générée, les normales de la zone de contact (29) formant un angle minimal de contact (α_h) relatif au plan perpendiculaire à l'axe (16) du pivot (17), **caractérisé en ce que** l'angle minimal de contact (α_h) est inférieur ou égal à 30°, de

préférence inférieur ou égal à $\arctan(\frac{1}{2})$.

2. Système mobile selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le deuxième palier (20) coopère avec le deuxième pivot (15) pour permettre au mobile tournant de tourner autour de son axe (16), le deuxième palier (20) comprenant une deuxième cavité (89), le deuxième pivot (15) étant apte à coopérer avec la deuxième cavité (89) du contre-pivot (22) pour pouvoir tourner dans la deuxième cavité (89), au moins une deuxième zone de contact (90) entre le deuxième pivot (17, 30) et la deuxième cavité (89) étant générée, les normales de la deuxième zone de contact (90) formant un deuxième angle minimal de contact (α_b) par rapport au plan perpendiculaire à l'axe du deuxième pivot (15), **caractérisé en ce que** les angles minimaux de contact (α_h , α_b) des deux pivots (15, 17) et des deux paliers (18, 20) sont définis par l'équation suivante : $\cot\alpha_h + \cot\alpha_b \geq 2,5$, de préférence $\cot\alpha_h + \cot\alpha_b \geq 3$, voire même $\cot\alpha_h + \cot\alpha_b \geq 4$.

3. Système mobile selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le deuxième angle minimal de contact (α_b) est supérieur ou égal à $\arctan(\frac{1}{2})$.

4. Système mobile selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les angles minimaux de contact (α_h , α_b) sont définis par les équations suivantes :

$$\tan \alpha_b = \frac{\overline{BH}}{4 \overline{GH}}$$

$$\tan \alpha_h = \frac{\overline{BH}}{4 \overline{GB}}$$

$$\frac{R_h}{R_b} = \frac{\mu_b \overline{GH}}{\mu_h \overline{GB}}$$

où $\overline{BH}$ est la distance entre les extrémités des deux pivots, $\overline{GH}$ est la distance entre l'extrémité du premier pivot (17) en contact avec le premier palier (18) et le centre de masse (G) du balancier, et $\overline{GB}$ est la distance entre l'extrémité du deuxième pivot (15) en contact avec le deuxième palier (20) et le centre de masse (G) du balancier 2.

5. Système mobile selon l'une, quelconque, des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les angles minimaux de contact (α_b , α_h) sont définis par les équations suivantes :

- si $\overline{GB} < \overline{GH}$:

$$\tan \alpha_b = \frac{1}{\frac{2 \overline{GH}}{\overline{BH}} \sqrt{\left(1 + \frac{2 \overline{GH}}{\overline{BH}}\right) \left(1 + \frac{2 \overline{GB}}{\overline{BH}}\right)}}$$

$$\tan \alpha_h = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{2 \overline{GH}}{\overline{BH}}\right) \left(1 + \frac{2 \overline{GB}}{\overline{BH}}\right)}}$$

- si $\overline{GB} > \overline{GH}$:

$$\tan \alpha_b = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{2\overline{GH}}{\overline{BH}}\right) \left(1 + \frac{2\overline{GB}}{\overline{BH}}\right)}}$$

$$\tan \alpha_h = \frac{1}{\frac{2\overline{GB}}{\overline{BH}} \sqrt{\left(1 + \frac{2\overline{GH}}{\overline{BH}}\right) \left(1 + \frac{2\overline{GB}}{\overline{BH}}\right)}}$$

où BH est la distance entre les extrémités des deux pivots (15, 17), GH est la distance entre l'extrémité du premier pivot (15) en contact avec le premier palier (18) et le centre de masse (G) du balancier, et GB est la distance entre l'extrémité du deuxième pivot (17) en contact avec le deuxième palier (20) et le centre de masse (G) du balancier.

6. Système mobile selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la ou les zones de contact (29, 90) font le tour du pivot (15, 17) et de la cavité (31, 89) autour de l'axe (16) du balancier.
7. Système mobile selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le premier pivot (17) a une forme conique.
8. Système mobile selon l'une, quelconque, des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le premier pivot (43) présente une portion convexe (47) et la cavité (45) présente une portion concave (48), une partie de chaque portion (47, 48) formant la zone de contact (51).
9. Système mobile selon l'une, quelconque, des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le premier pivot (53) présente une portion concave (57) et la cavité (55) présente une portion convexe (58), une partie de chaque portion formant la zone de contact (61).
10. Système mobile selon l'une, quelconque, des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le premier pivot (33) présente une portion convexe (37) et la cavité (35) présente une portion convexe (38), une partie de chaque portion (37, 38) formant la zone de contact (41).
11. Système mobile selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux angles minimaux de contact (α_b , α_h) sont égaux.
12. Système mobile selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'extrémité du pivot (15, 17) est définie par l'intersection entre la normale au contact et l'axe du pivot.
13. Système mobile selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les pivots (15, 17) ont un bout arrondis, les bouts arrondis des deux pivots (15, 17) ayant des rayons identiques (R_b , R_h).
14. Mouvement horloger comprenant une platine et au moins un pont, ladite platine et/ou le pont comportant un orifice, **caractérisé en ce qu'il** comporte un système mobile tournant (10) selon l'une, quelconque, des revendications précédentes.

Fig. 1

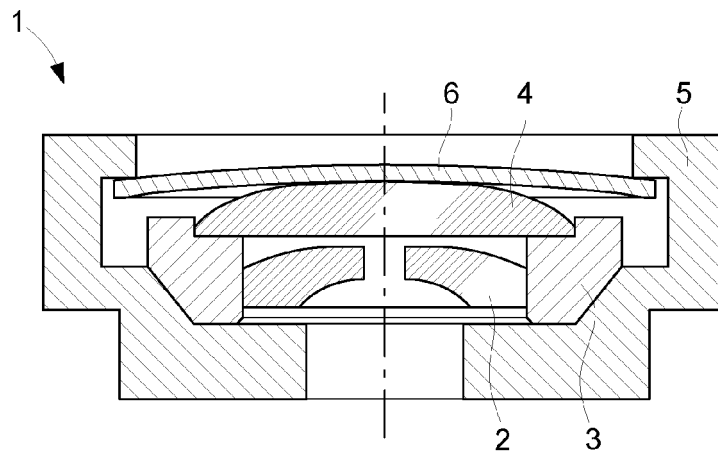


Fig. 2

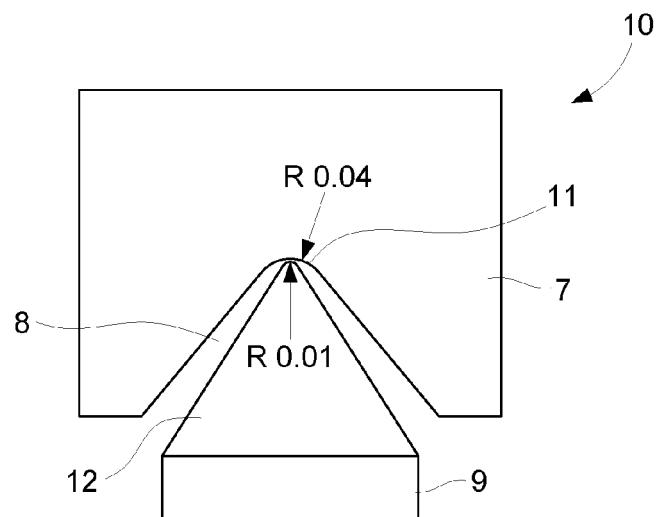


Fig. 3

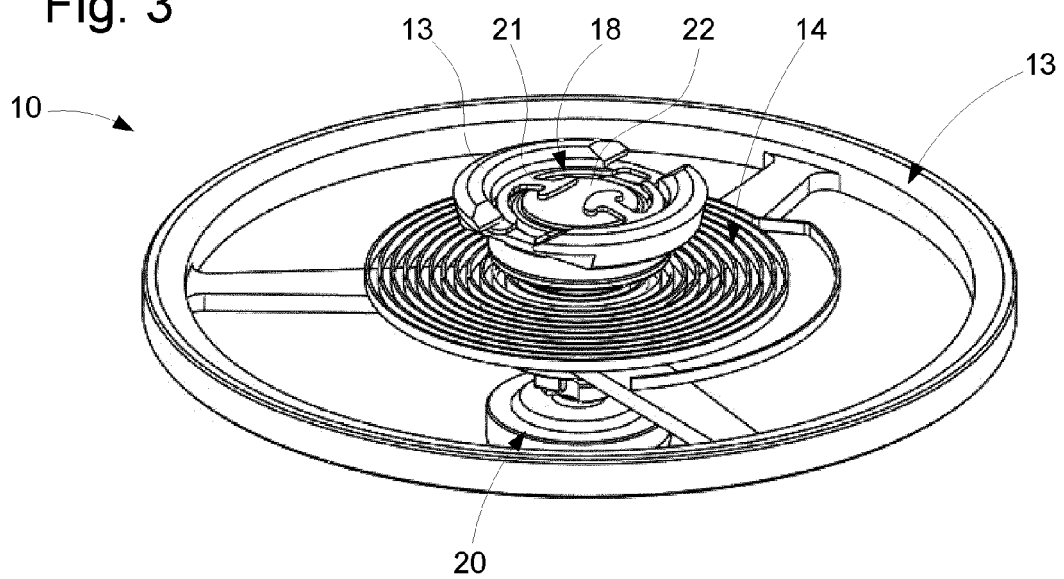


Fig. 4

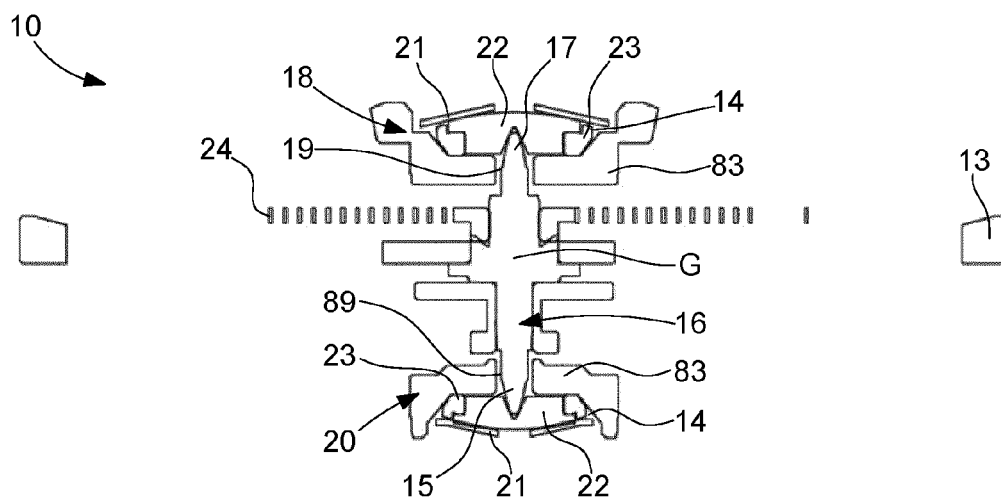


Fig. 5

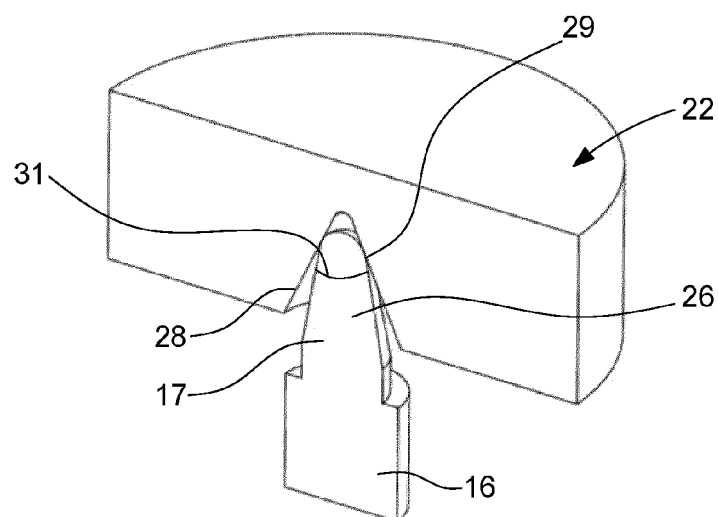


Fig. 6

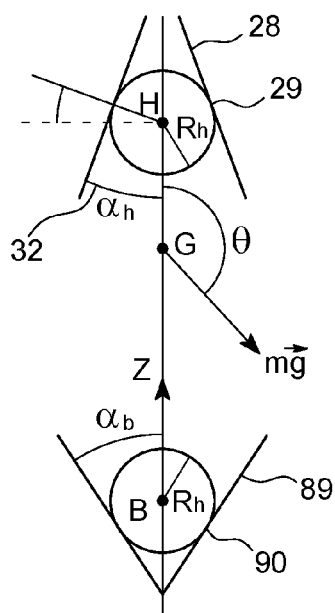


Fig. 7

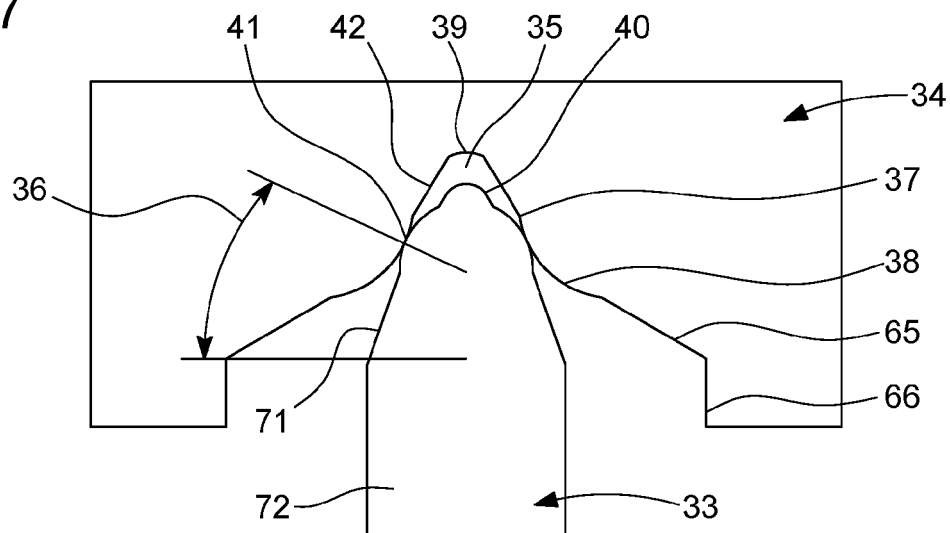


Fig. 8

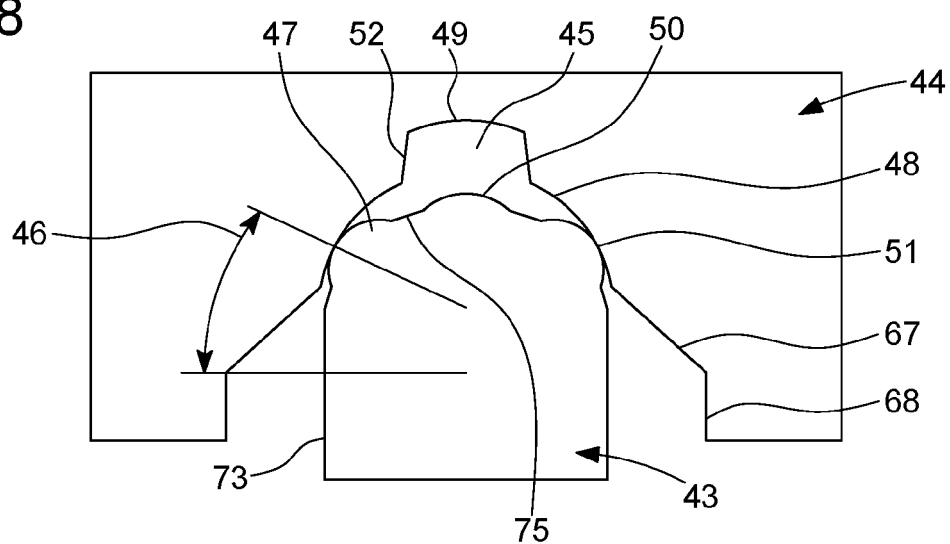


Fig. 9

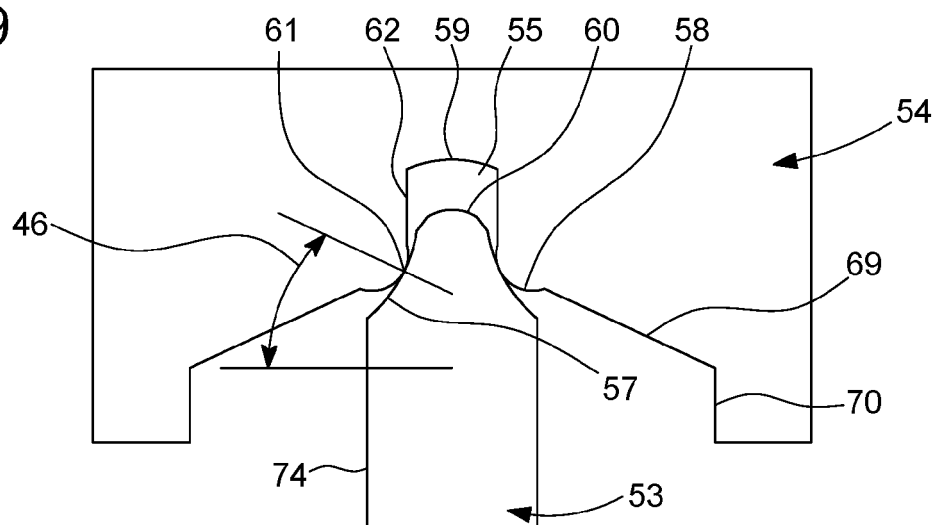


Fig. 10

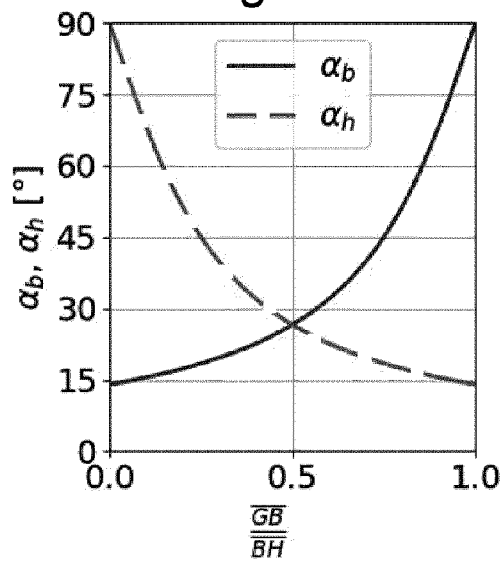


Fig. 11

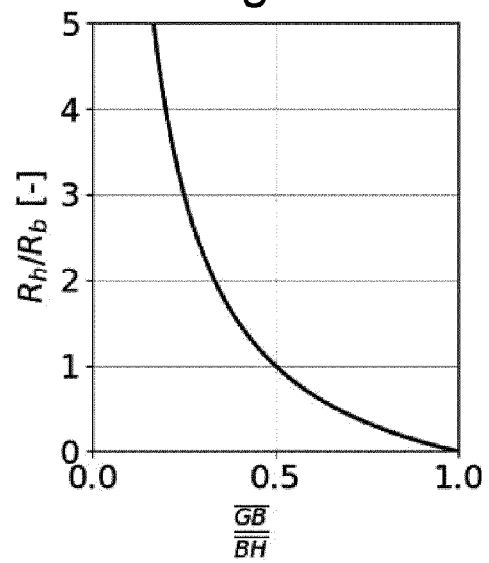


Fig. 12

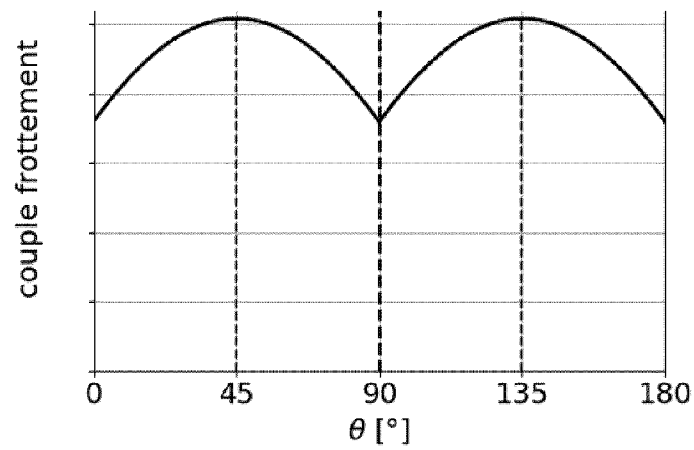


Fig. 13

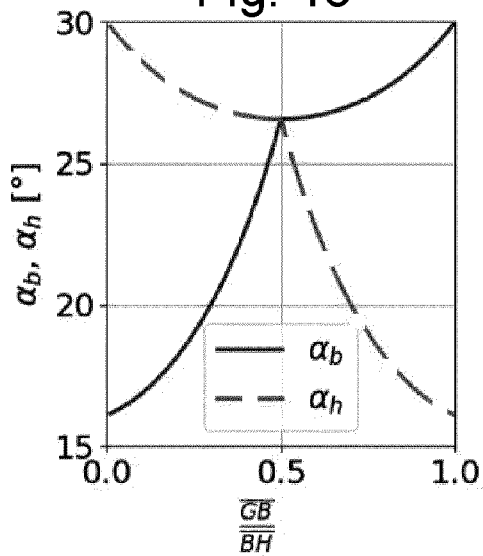


Fig. 14

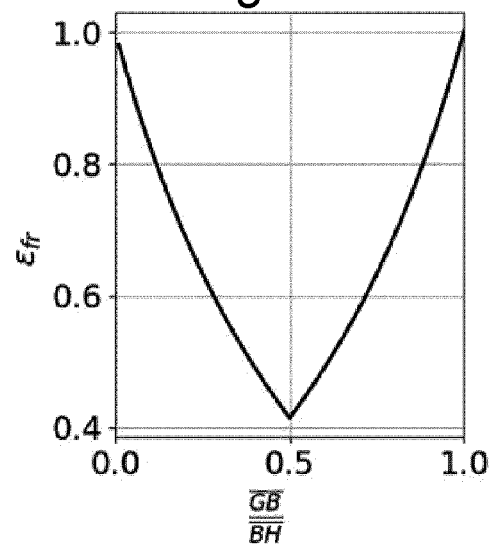


Fig. 15

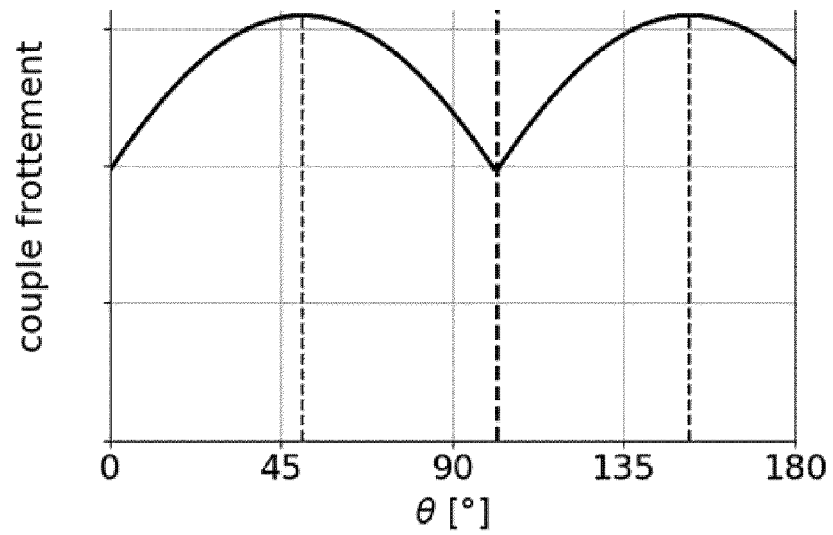


Fig. 16

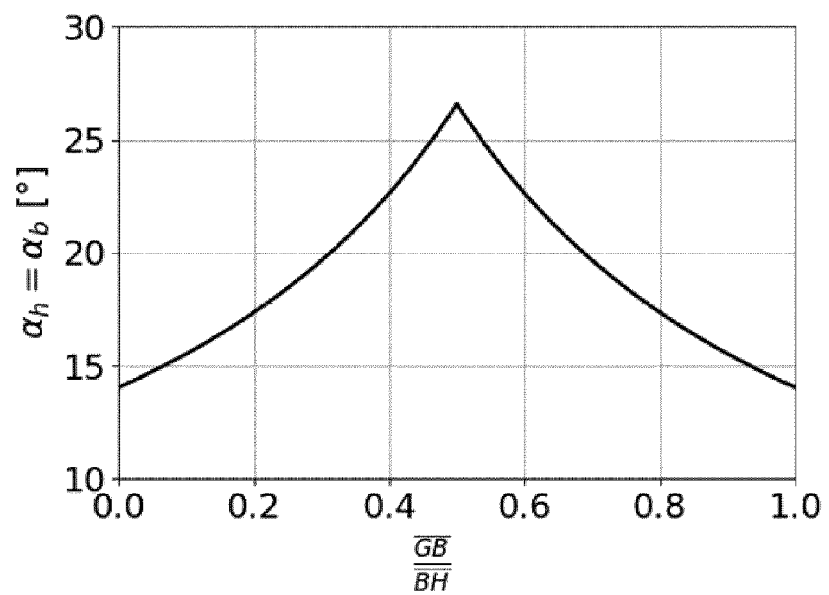
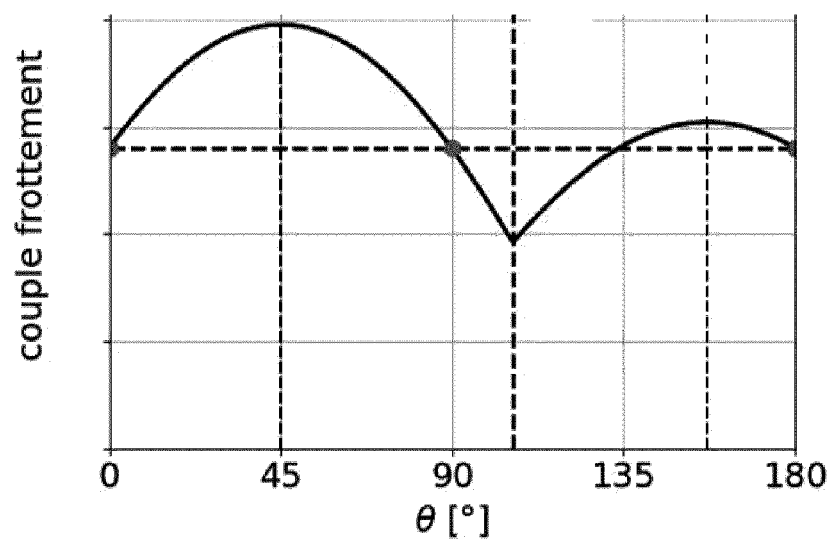


Fig. 17





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 20 18 2671

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	US 3 942 848 A (VOUMARD FRANCOIS) 9 mars 1976 (1976-03-09) * col.2, l. 18-37 et figures page 1 *	1-7,9, 11-14 8,10	INV. G04B31/04 G04B31/06 G04B31/008 G04B31/02
A	EP 1 986 059 A1 (ETA SA MFT HORLOGERE SUISSE [CH]) 29 octobre 2008 (2008-10-29) * alinéas [0003], [0010]; revendication 1; figures 1,2a,2b *	1	
A	CH 715 419 A2 (RICHEMONT INT SA [CH]) 15 avril 2020 (2020-04-15) * alinéas [0034] - [0043]; figures 2,12 *	8,10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 23 novembre 2020	Examineur Camatchy Toppé, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 20 18 2671

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.

23-11-2020

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3942848 A	09-03-1976	CH 495673 A4 DE 2417068 A1 US 3942848 A	29-10-1976 24-10-1974 09-03-1976
EP 1986059 A1	29-10-2008	AT 487965 T CN 101669075 A EP 1986059 A1 EP 2142965 A2 HK 1142693 A1 JP 5524827 B2 JP 2010539440 A US 2011164478 A1 WO 2008132135 A2	15-11-2010 10-03-2010 29-10-2008 13-01-2010 10-12-2010 18-06-2014 16-12-2010 07-07-2011 06-11-2008
CH 715419 A2	15-04-2020	AUCUN	

EPO FORM P0460

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