



(11) **EP 3 929 666 A1**

(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: **20182650.0**

(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)

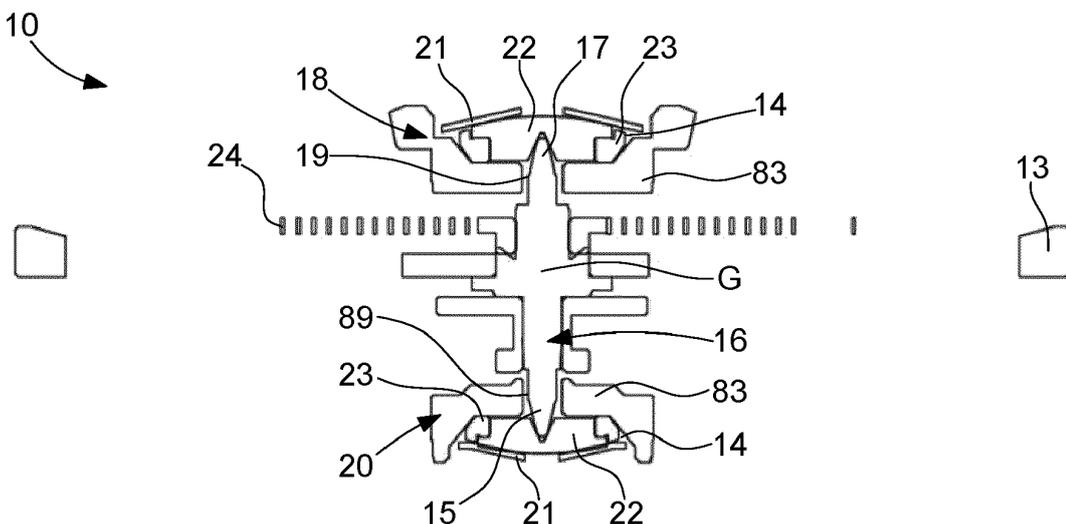
(71) Demandeur: **ETA SA Manufacture Horlogère**
Suisse
2540 Grenchen (CH)

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

(57) 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 pyramidale (19) configurée pour recevoir le premier pivot (17) de l'axe (16) du mobile tournant, la cavité présentant au

moins trois faces donnant sa forme pyramidale, 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 une face (24) étant générée, la normale à la ou les zones de contact (29) formant un angle de contact (ah) relatif au plan perpendiculaire à l'axe (16) du pivot (17), caractérisé en ce que l'angle de contact (ah) est inférieur à 45°, de préférence inférieur ou égal à 30°, voire inférieur ou égal à $\arctan(1/2)$.

Fig. 4



EP 3 929 666 A1

Description

Domaine de l'invention

[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

[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.

[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 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, 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 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 pour recevoir un pivot 12 de l'axe 9 du mobile tournant. Une telle cavité peut avoir une forme de pyramide, le fond de la cavité étant formé par le sommet 11 de la pyramide.

5 Le pivot 12 est conique pour s'insérer dans la cavité 8, mais l'angle solide du pivot 12 est plus petit que celui de la cavité 8. Cette configuration permet de rendre presque nul le bras de levier de la force de frottement dans toutes les orientations par rapport à la gravité, en supposant
10 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 fond de la cavité, car elle est difficilement accessible par des moyens de polissage.

Résumé de l'invention

[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 pyramidale configurée pour recevoir le premier pivot de 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 une face étant générée, la normale à la ou les zones de contact formant un angle de contact relatif au plan perpendiculaire à l'axe du pivot.

[0008] Le système est remarquable en ce que l'angle de contact est inférieur à 45°, de préférence inférieur ou

égal à 30°, voire 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 de contact inférieur ou égal à 45°, de préférence inférieur

ou égal à 30°, voire inférieur ou égal $\arctan\left(\frac{1}{2}\right)$, le

couple de frottement dû au poids au contact entre les pivots et les cavités des paliers 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 pyramide 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 pyramidale comportant au moins trois faces, 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 une face de la deuxième cavité étant générée, la normale de la deuxième zone de contact formant un deuxième angle de contact par rapport au plan perpendiculaire à l'axe du deuxième pivot, caractérisé en ce que les angles minimaux de contact des deux pivots et des deux paliers sont définis par l'équation suivante,

$$\cot \alpha_h + \cot \alpha_b = 4 \cos \frac{\pi}{N} \geq 2, \quad \text{de préférence,}$$

$$\cot \alpha_h + \cot \alpha_b = 4 \cos \frac{\pi}{N} \geq 2, \quad \text{de préférence,}$$

$$\cot \alpha_h + \cot \alpha_b = 4 \cos \frac{\pi}{N} \geq 2,5, \quad \text{ou encore}$$

$$\cot \alpha_h + \cot \alpha_b = 4 \cos \frac{\pi}{N} \geq 3, \quad \text{voire}$$

$$\cot \alpha_h + \cot \alpha_b = 4 \cos \frac{\pi}{N} \geq 4, \quad \text{où } N \text{ est le nombre}$$

de faces des deux pyramides.

[0012] Selon une forme de réalisation avantageuse, les angles minimaux de contact (α_b , α_h) sont définis par les équations suivantes :

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

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

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

où N est le nombre de faces des deux pyramides, 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.

[0013] Selon une forme de réalisation avantageuse, le premier angle de contact (α_h) est inférieur ou égal à

$$\arctan\left(\frac{1}{2}\right) \quad \text{et le deuxième angle de contact } (\alpha_b) \text{ est}$$

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

[0014] Selon une forme de réalisation avantageuse, comprend autant de zones de contact que de faces de la cavité pyramidale avec une zone de contact par face.

[0015] Selon une forme de réalisation avantageuse, la cavité comprend trois ou quatre faces.

[0016] Selon une forme de réalisation avantageuse, les faces sont au moins en partie concaves ou convexes.

[0017] Selon une forme de réalisation avantageuse, le premier pivot le premier pivot a une forme conique.

[0018] Selon une forme de réalisation avantageuse, les deux angles minimaux de contact sont égaux.

[0019] 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.

[0020] Selon une forme de réalisation avantageuse, les pivots ont un bout arrondis.

[0021] Selon une forme de réalisation avantageuse, les bouts arrondis des deux pivots ont des rayons identiques.

[0022] 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

[0023] 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 représente schématiquement un premier mode de réalisation d'un modèle de palier comprenant une cavité pyramidale à quatre faces,
 - la figure 8 représente 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 du premier mode de réalisation,
 - la figure 9 est un graphique montrant la différence des rayons optimaux des extrémités des deux pivots en fonction de la position du centre de masse du premier mode de réalisation,
 - la figure 10 représente 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 un second mode de réalisation dans lequel la cavité a trois faces,
 - la figure 11 est un graphique montrant la différence des rayons optimaux des extrémités des deux pivots en fonction de la position du centre de masse pour le second mode de réalisation,
 - la figure 12 est un graphique montrant comment varient les angles optimaux en fonction de la position relative du centre de masse, dans une configuration du premier mode de réalisation où les extrémités des pivots sont identiques,
 - la figure 13 est un graphique montrant la variation de ε en fonction de la position relative du centre de masse pour la deuxième configuration du premier mode de réalisation,
 - la figure 14 est un graphique montrant comment varient les angles optimaux en fonction de la position relative du centre de masse, dans une configuration du second mode de réalisation où les extrémités des pivots sont identiques,
 - la figure 15 est un graphique montrant la variation de ε en fonction de la position relative du centre de masse pour la deuxième configuration du second mode de réalisation.

Description détaillée de modes de réalisation préférés

[0024] 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.

[0025] Les figures 3 et 4 montrent un système mobile tournant muni d'un balancier 13 et un ressort spiral 14, 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 cylindrique 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.

[0026] 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.

[0027] Dans le 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.

[0028] La cavité 28 du contre-pivot 22 a une forme pyramidale munie de plusieurs faces 24. Dans le premier mode de réalisation des figures 5 à 7, la cavité pyramidale 28 a quatre faces 24. Dans un second mode de réalisation, non représenté sur les figures, la cavité pyramidale a trois faces. Dans d'autres modes de réalisation le nombre de faces de la pyramide peut être supérieur (5, 6, etc.).

[0029] Le fond de la cavité 28 est tronqué plat, mais il peut être pointu, tronqué arrondi, selon d'autres modes de réalisation. La cavité 28 présente un second angle d'ouverture 32 au sommet. Pour que le pivot 15, 17 puisse tourner dans la cavité 28, le second angle d'ouverture 32 est supérieur au premier angle d'ouverture 31 du premier cône 26. De préférence les faces 24 de la cavité 28 ont la même orientation par rapport à l'axe du pivot. Autrement dit, le demi-angle d'ouverture de la cavité 28 est identique pour toutes les faces.

[0030] Le pivot 15, 17 et les faces de la cavité 28 coopèrent pour former au moins une zone de contact 29. De préférence, le pivot est en contact avec toutes les faces 24 de la cavité 28, créant ainsi une zone de contact avec chaque face 24, c'est-à-dire quatre pour le premier mode de réalisation ou trois pour le deuxième mode de réalisation. Une zone de contact 29 est définie par la partie de la face 24 de la pyramide cône en contact avec le

pivot 15, 17. Les normales à chaque zone de contact 29 sont des droites perpendiculaires à chaque zone de contact 29. Les normales forment un angle, dit angle de contact, par rapport au plan perpendiculaire à l'axe du pivot. La normale correspond à la droite perpendiculaire à la face de la cavité 28. Ainsi, l'angle de contact est équivalent au demi-angle d'ouverture de la pyramide de la cavité 28.

[0031] Selon l'invention, l'angle de contact est inférieur ou égal à 45°, de préférence inférieur ou égal à 30°, voire

inférieur ou égal à $\arctan\left(\frac{1}{2}\right)$. Pour cela, le second angle doit être inférieur ou égal à 90°, de préférence inférieur ou égal à 60°, voire inférieur ou égal à

$$2 * \arctan\left(\frac{1}{2}\right) = 53.13^\circ.$$

[0032] 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 :

- α_b et α_h sont les angles entre les faces de la cavité et l'axe de symétrie des cavités, 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) ;
- μ_b et μ_h sont les coefficients de frottement en bas et en haut.

[0033] Pour évaluer la différence de frottements en fonction de la gravité, l'angle θ entre l'axe du balancier et la gravité parcourt tout l'intervalle $[0^\circ, 180^\circ]$.

[0034] On distingue deux types de contraintes appliquées sur la géométrie du système mobile :

C_1 : aucune contrainte sur les rayons R_b et R_h et les angles α_b et α_h ,

C_2 : pour des questions de facilité de fabrication, on impose $R_b = R_h$, et on suppose $\mu_b = \mu_h$.

[0035] On désigne par $M_{fr,max}$, respectivement $M_{fr,min}$, le couple de frottement maximum, respectivement minimum, sur tous les angles θ considérés (soit toute la plage $[0^\circ, 180^\circ]$). On cherche à minimiser la variation relative maximale de couple, définie par

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

[0036] Dans le cas C1, pour un axe de mobile tournant muni de deux pivots, tel que schématisé sur la figure 6, l'angle de contact (α) optimal entre les couples pivot-palier est défini par les équations suivantes :

$$\tan \alpha_b \approx \frac{\overline{BH}}{4 \cos \frac{\pi}{N} \overline{GH}}$$

$$\tan \alpha_h \approx \frac{\overline{BH}}{4 \cos \frac{\pi}{N} \overline{GB}}$$

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

où N est le nombre de faces des deux pyramides, BH est la distance entre les extrémités des deux pivots, 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 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.

[0037] 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 étant 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.

[0038] 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.

[0039] 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.

[0040] Pour le premier mode de réalisation à quatre faces, le graphique de la figure 8 montre les angles de contact optimaux pour les deux paliers et pivots pour chaque position du centre de masse sur l'axe du balancier.

[0041] 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 α_b et $\alpha_h = \text{env. } 35^\circ$. Ainsi, l'angle d'ouverture souhaitable pour des pyramides est d'environ 70° . 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 35° et l'autre angle avec une valeur supérieure ou égale à 35° . Un autre cas où le centre de masse se trouve à un tiers 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 30° . Ainsi, les cavités ont un angle d'ouverture égal à 90° , et l'autre pyramide d'angle d'ouverture égal à 60° .

[0042] Chaque angle de contact optimal est compris dans un intervalle allant de 20° à 90° . L'angle de contact le plus petit est celui du pivot le plus proche du centre de masse.

[0043] Le graphique de la figure 9 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 de l'axe de balancier, les rayons sont de préférence égaux pour les deux extrémités.

[0044] Pour le second mode de réalisation à trois faces, le graphique de la figure 10 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 α_b et $\alpha_h = 45^\circ$ environ. Ainsi, l'angle d'ouverture souhaitable pour des cônes est d'environ 90° . 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 sensiblement égale à 45° et l'autre angle avec une valeur supérieure ou sensiblement égale à 45° . 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 sensiblement 65° , tandis que le second pivot a un angle de contact optimal sensiblement égal à 35° . Ainsi pour les cavités coniques, on a un cône d'angle d'ouverture égal à 130° , et l'autre cône d'angle d'ouverture égal à 70° .

[0045] Chaque angle de contact optimal est compris dans un intervalle allant de 27° à 90° . L'angle de contact le plus petit est celui du pivot le plus proche du centre de masse.

[0046] Le graphique de la figure 11 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 de l'axe de balancier, les rayons sont de préférence égaux pour les deux extrémités.

[0047] Dans une seconde configuration du système mobile, les deux pivots ont des formes identiques à ceux du premier modèle ($R_b = R_h$), comme les exemples des

figures 4 et 6.

[0048] Les graphiques des figures 12 et 13 montrent comment varient les angles optimaux et la variation ε en fonction de la position relative du centre de masse pour le premier mode de réalisation à quatre faces. Dans ce cas, il y a toujours l'un des deux angles avec une valeur

inférieure ou égale à $\arctan\left(\frac{1}{2}\right) = 26,6$ environ, et l'autre angle avec une valeur supérieure ou égale à

$\arctan\left(\frac{1}{2}\right)$. 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 α_b et $\alpha_h = \arctan\left(\frac{1}{2}\right) = 26,6^\circ$ environ.

[0049] Les graphiques des figures 14 et 15 montrent comment varient les angles optimaux et la variation ε en fonction de la position relative du centre de masse pour le second mode de réalisation à trois faces. Dans ce cas, il y a toujours l'un des deux angles avec une valeur infé-

rieure ou égale à $\arctan\left(\frac{1}{2}\right) = 26,6$ environ, et l'autre angle avec une valeur supérieure ou égale à

$\arctan\left(\frac{1}{2}\right)$. 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 α_b et $\alpha_h = \arctan\left(\frac{1}{2}\right) = 26,6^\circ$ environ.

[0050] Des exemples de variation de couple de frottement en fonction de l'orientation θ sont représentés sur la figure 16 pour le premier mode de réalisation, et sur la figure 17 pour le second mode de réalisation. Les courbes sont symétriques 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 90° .

[0051] Quel que soit le mode de réalisation, les angles minimaux de contact des deux pivots et des deux paliers, 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,

$$\cot\alpha_h + \cot\alpha_b = 4 \cos \frac{\pi}{N} \geq 2, \quad \text{de préférence}$$

$$\cot\alpha_h + \cot\alpha_b = 4 \cos \frac{\pi}{N} \geq 2, \quad \text{de préférence}$$

$$\cot\alpha_h + \cot\alpha_b = 4 \cos \frac{\pi}{N} \geq 2,5, \quad \text{ou encore}$$

$$\cot\alpha_h + \cot\alpha_b = 4 \cos \frac{\pi}{N} \geq 3, \quad \text{voire}$$

$\cot\alpha_h + \cot\alpha_b = 4 \cos \frac{\pi}{N} \geq 4$, où N est le nombre de faces des deux pyramides. En effet, pour obtenir les meilleurs résultats concernant le couple de frottement avec les deux paliers, les angles minimaux de contact (α_h, α_b) doivent répondre à ces équations.

[0052] 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 pyramidale (19) configurée pour recevoir le premier pivot (17) de l'axe (16) du mobile tournant, la cavité présentant au moins trois faces donnant sa forme pyramidale, 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 une face (24) étant générée, la normale à la ou les zones de contact (29) formant un angle de contact (α_h) relatif au plan perpendiculaire à l'axe (16) du pivot (17), **caractérisé en ce que** l'angle de contact (α_h) est inférieur à 45° , de préférence inférieur ou égal à 30° , voire inférieur ou égal à $\arctan\left(\frac{1}{2}\right)$.

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 pyramidale (89) comportant au moins trois faces (24), 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 une face de la deuxième cavité (89) étant générée, la normale de la deuxième zone de contact (90) formant un deuxième angle 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, $\cot\alpha_h +$

$$\cot\alpha_b = 4 \cos \frac{\pi}{N} \geq 2, \quad \text{de préférence}$$

$$\cot\alpha_h + \cot\alpha_b = 4 \cos \frac{\pi}{N} \geq 2,5, \quad \text{ou encore}$$

$$\cot\alpha_h + \cot\alpha_b = 4 \cos \frac{\pi}{N} \geq 3, \quad \text{voire}$$

$$\cot\alpha_h + \cot\alpha_b = 4 \cos \frac{\pi}{N} \geq 4, \quad \text{où } N \text{ est le nombre de faces des deux pyramides.}$$

3. Système mobile selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les angles minimaux de contact (α_h, α_b) sont définis par les équations suivantes :

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

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

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

où N est le nombre de faces des deux pyramides, BH est la distance entre les extrémités des deux pivots, 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 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.

4. Système mobile selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le premier angle de contact (α_h) est inférieur ou égal à

$$\arctan\left(\frac{1}{2}\right) \quad \text{et le deuxième angle de contact } (\alpha_b)$$

est supérieur ou égal à $\arctan\left(\frac{1}{2}\right)$.

5. Système mobile selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il comprend autant de zones de contact (29, 90) que de faces (24) de la cavité pyramidale avec une zone de contact (29, 90) par face (24).

6. Système mobile selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la cavité (28) comprend trois ou quatre faces (24).

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 précédentes, **caractérisé en ce que** les faces (24) sont au moins en partie concaves ou convexes. 5
9. Système mobile selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux angles de contact (α_b, α_h) sont égaux. 10
10. 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 (15, 17). 15
11. 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). 20
12. 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. 25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

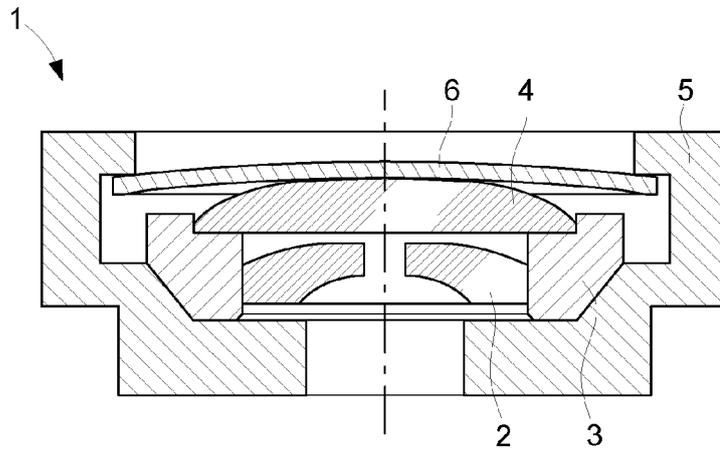


Fig. 2

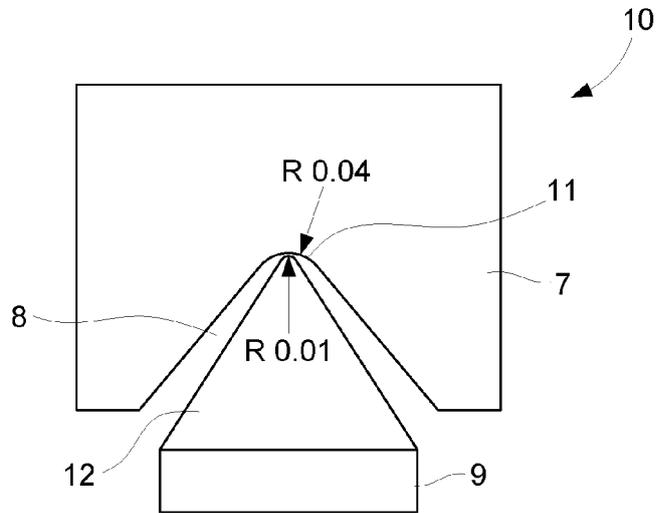


Fig. 3

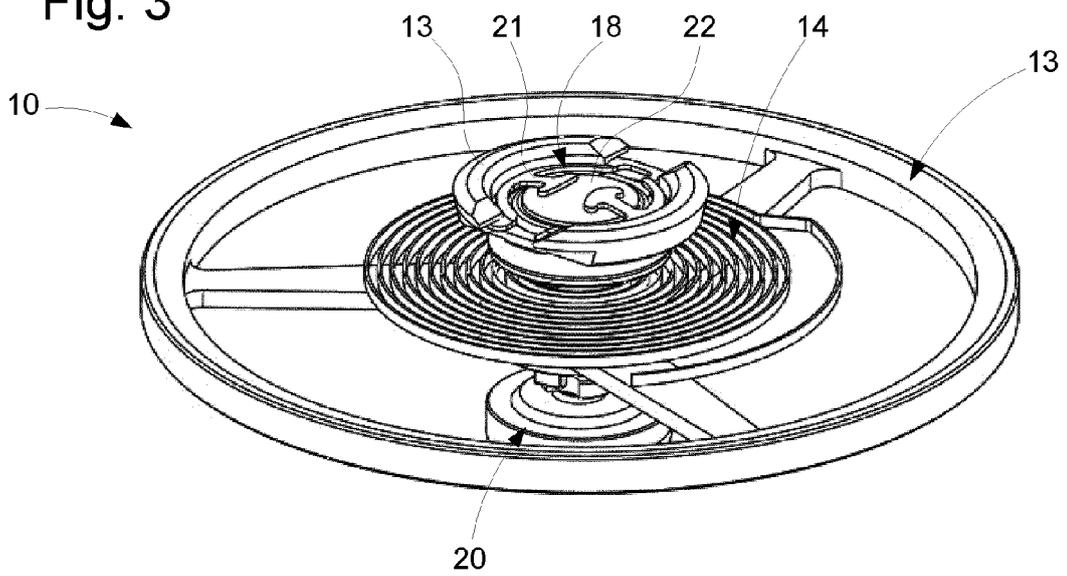


Fig. 4

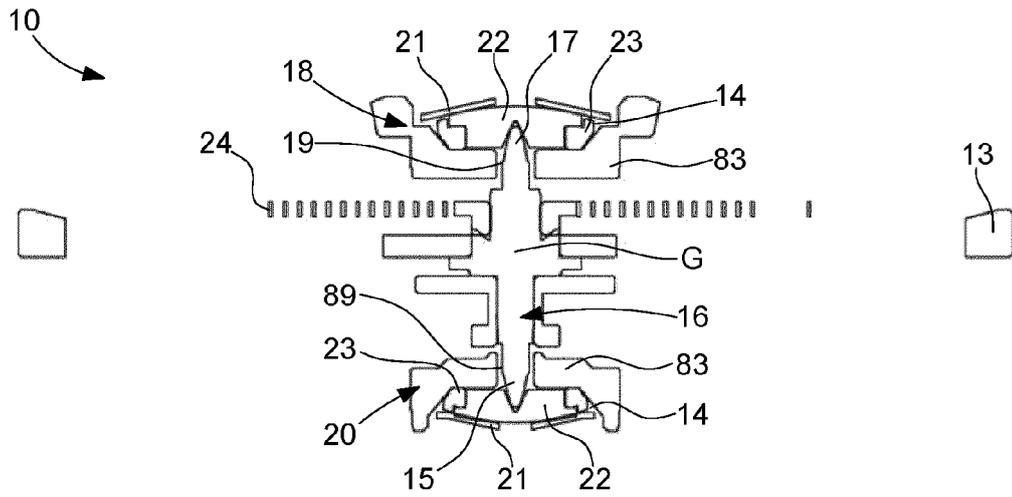


Fig. 5

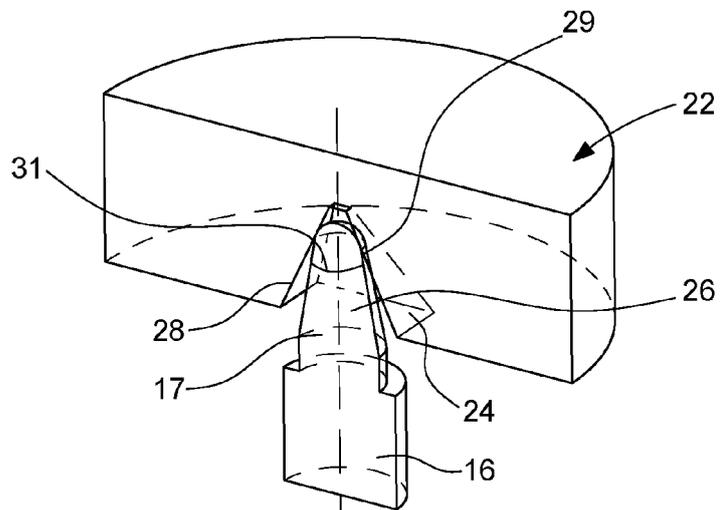


Fig. 6

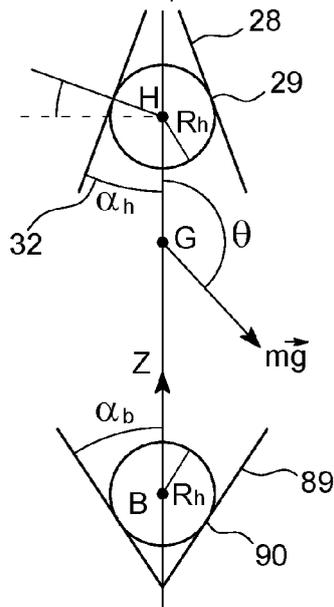


Fig. 7

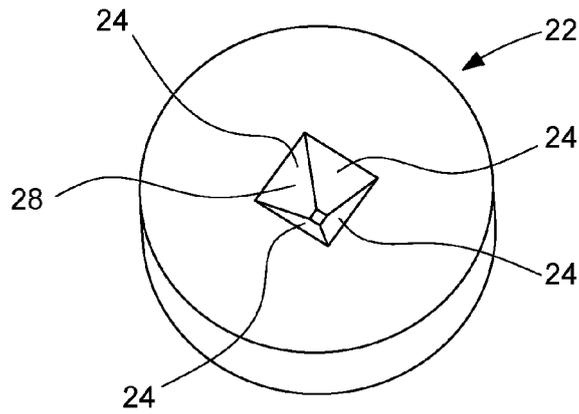


Fig. 8

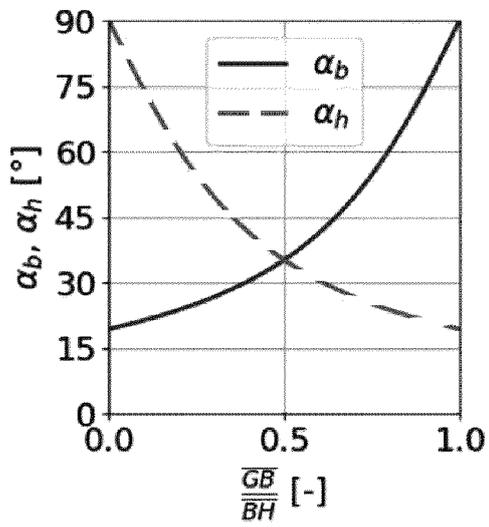


Fig. 9

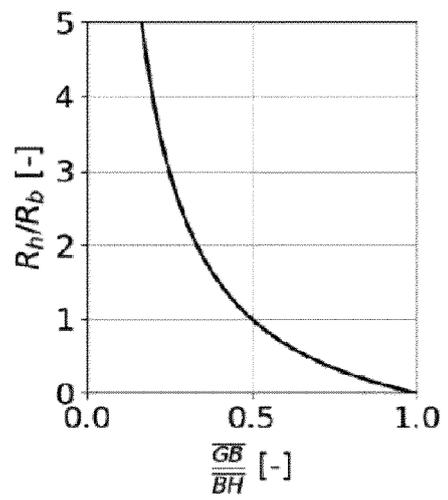


Fig. 10

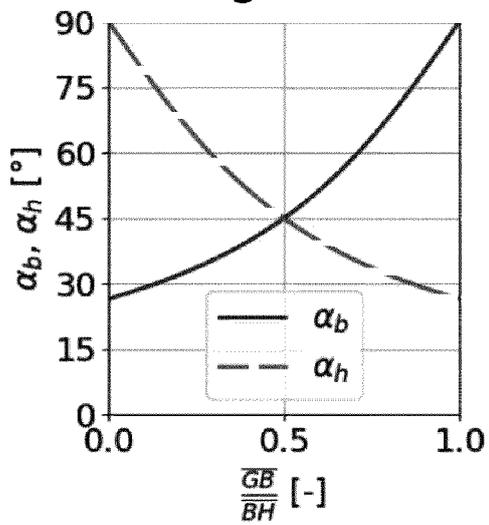


Fig. 11

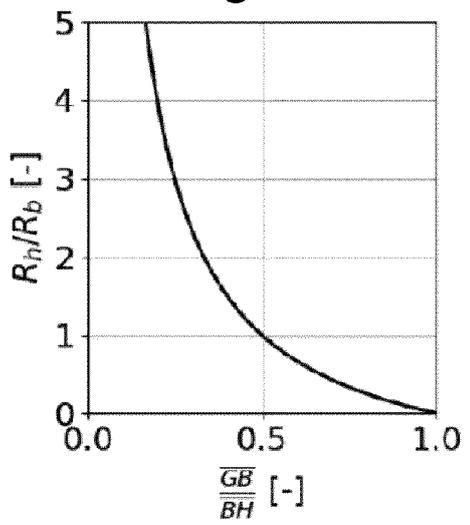


Fig. 12

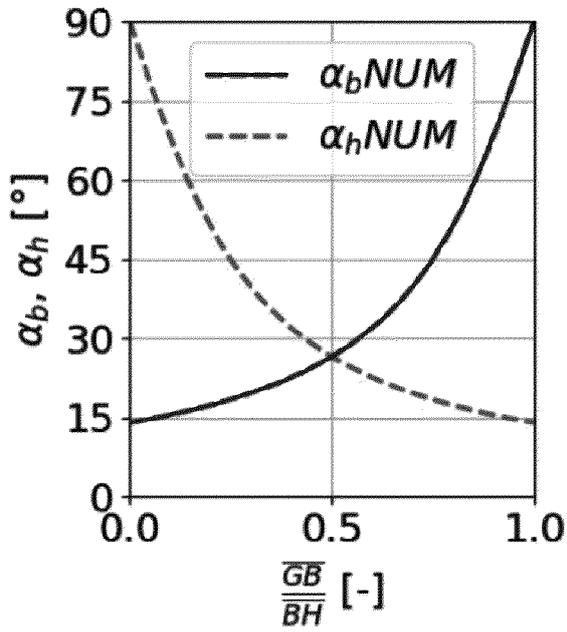


Fig. 13

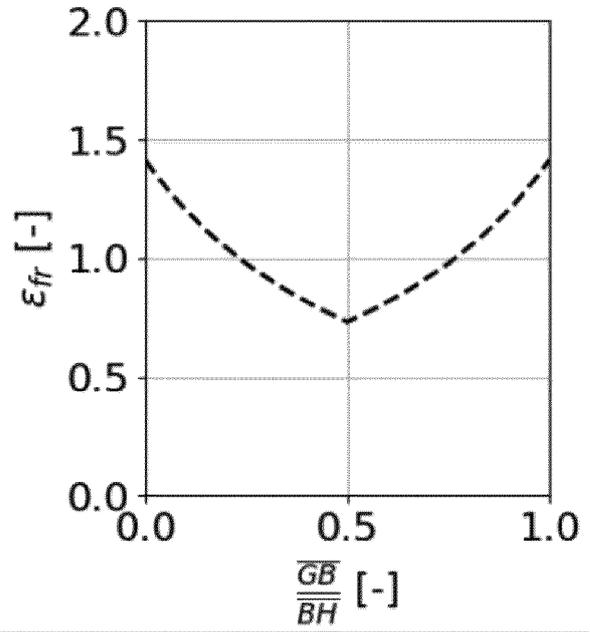


Fig. 14

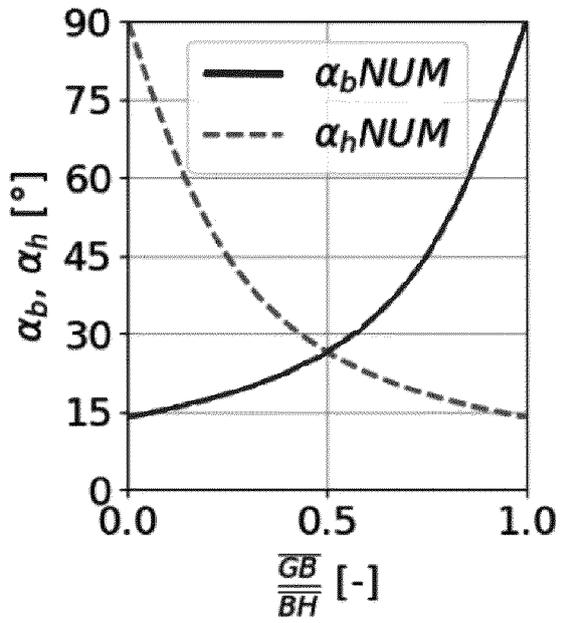
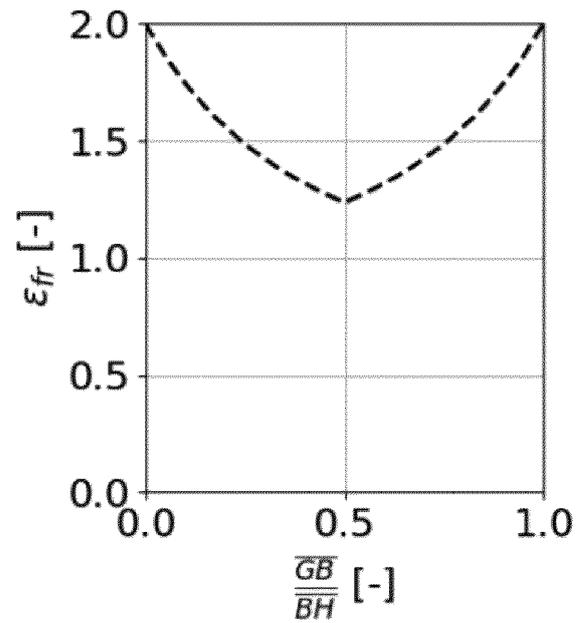


Fig. 15





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 20 18 2650

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	WO 2013/087173 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 20 juin 2013 (2013-06-20)	1,5,6,8,12	INV. G04B31/04 G04B31/06 G04B31/008 G04B31/02
Y	* page 3, l.25 à page 4, l.2	2,3,6-11	
A	page 7, l. 14-24 p.14, l. 13-18; revendication 8; figure 7 *	4	
Y	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 *	2,3,6,9-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G04B
Y	FR 1 333 053 A (MOSSET WILLIAM) 19 juillet 1963 (1963-07-19) * page 2, col. d; figure unique *	7,8,10	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 9 décembre 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 2650

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.

09-12-2020

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2013087173 A1	20-06-2013	CH 705861 A2	14-06-2013
		CN 103988133 A	13-08-2014
		EP 2791739 A1	22-10-2014
		HK 1200927 A1	14-08-2015
		JP 5848461 B2	27-01-2016
		JP 2015505961 A	26-02-2015
		RU 2014128595 A	10-02-2016
		US 2014341005 A1	20-11-2014
		WO 2013087173 A1	20-06-2013
		-----	-----
EP 1986059 A1	29-10-2008	AT 487965 T	15-11-2010
		CN 101669075 A	10-03-2010
		EP 1986059 A1	29-10-2008
		EP 2142965 A2	13-01-2010
		HK 1142693 A1	10-12-2010
		JP 5524827 B2	18-06-2014
		JP 2010539440 A	16-12-2010
		US 2011164478 A1	07-07-2011
		WO 2008132135 A2	06-11-2008
-----	-----	-----	-----
FR 1333053 A	19-07-1963	AUCUN	
-----	-----	-----	-----

EPO FORM P0460

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