

(19)



(11)

EP 2 725 433 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
30.04.2014 Bulletin 2014/18

(51) Int Cl.:
G04B 17/28 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **12190230.8**

(22) Date de dépôt: **26.10.2012**

(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

- **Capt, Michel**
1347 Le Sentier (CH)
- **Prost, Edouard**
39310 Lamoura (FR)

(74) Mandataire: **Richard, François-Régis**
e-Patent S.A.
Rue Saint-Honoré, 1
2001 Neuchâtel (CH)

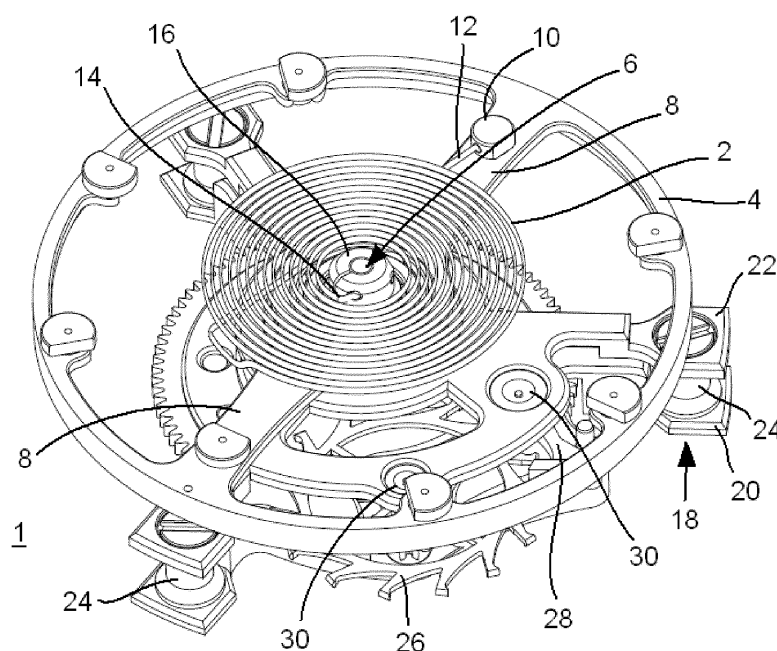
(71) Demandeur: **Richemont International S.A.**
1752 Villars-sur-Glâne (CH)

(72) Inventeurs:
• **Rougnny, Laurent**
39220 Les Rousses (FR)

(54) Tourbillon volant a balancier volant pour mouvement horloger

(57) La présente invention concerne un tourbillon (1), pour mouvement horloger, comportant une cage (18) destinée à être montée rotative sur un élément de bâti du mouvement horloger par l'intermédiaire d'un roulement de cage (32), à billes ou à galets, la cage (18) portant notamment un arbre de balancier (6), portant lui-

même un balancier (4), ainsi qu'un échappement (26, 28) et un spiral (2). Le tourbillon est caractérisé par le fait que l'arbre de balancier (6) est solidaire de la cage (18) tandis que le balancier (4) est monté pivotant en référence à l'arbre de balancier (6) au moyen d'un roulement de balancier (54), à billes ou à galets.

**Fig. 1****EP 2 725 433 A1**

Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un tourbillon, pour mouvement horloger, comportant une cage destinée à être montée rotative sur un élément de bâti du mouvement horloger par l'intermédiaire d'un roulement de cage, à billes ou à galets, la cage portant notamment un arbre de balancier, portant lui-même un balancier, ainsi qu'un échappement et un spiral.

[0002] L'invention concerne également un mouvement horloger comportant un tel tourbillon ainsi qu'une pièce d'horlogerie munie d'un tel mouvement horloger.

Etat de la technique

[0003] De nombreuses constructions de tourbillons pour mouvements horlogers ont déjà été divulguées dans l'art antérieur, pour répondre à différents problèmes techniques posés au court du temps.

[0004] Ces tourbillons assemblés en porte-à-faux sur le mouvement horloger, au moyen d'un unique roulement à billes ou à galets, sont habituellement qualifiés de tourbillons volants. Ils présentent notamment l'avantage d'offrir une vue plus spectaculaire du fait qu'aucun pont n'est nécessaire, au-dessus du tourbillon, pour assurer le pivotement de la cage. Ainsi, seule la cage, dont le dessin peut être allégé et personnalisé, masque partiellement la vue du balancier-spiral et de l'échappement, ces organes formant le coeur battant de la pièce d'horlogerie.

[0005] Le brevet US 7,744,271 B2 décrit un tel tourbillon. Plus précisément, ce document divulgue un tourbillon dont le roulement de cage présente une cage interne en forme de douille au travers de laquelle est agencé l'arbre de balancier. Le balancier est solidaire de son arbre, à proximité d'une première extrémité de ce dernier, tandis que la seconde extrémité de l'arbre porte le plateau coopérant avec l'échappement. Outre une meilleure répartition des masses de part et d'autre d'un pont de cage central, cet agencement permet également d'utiliser un arbre de balancier de longueur importante. En effet, ce brevet américain précise que cette dernière caractéristique permet de réduire les contraintes subies par les paliers de l'arbre de balancier, en référence à des tourbillons de l'art antérieur dont les arbres de balancier sont plus courts.

[0006] On notera que le tourbillon présenté dans ce document présente un encombrement similaire à ceux des tourbillons antérieurs suivant la direction de son épaisseur.

Divulgateion de l'invention

[0007] Un but principal de la présente invention est de proposer une alternative de réalisation aux tourbillons connus dans l'état de la technique, permettant notamment de construire un tourbillon d'épaisseur réduite, sans

pour autant nuire à la précision des oscillations du balancier-spiral.

[0008] A cet effet, la présente invention concerne plus particulièrement un tourbillon du type mentionné plus haut, caractérisé par le fait que l'arbre de balancier est solidaire de la cage tandis que le balancier est monté pivotant en référence à l'arbre de balancier au moyen d'un roulement de balancier, à billes ou à galets.

[0009] Grâce à ces caractéristiques, les paliers inférieur et supérieur, habituellement utilisés pour assurer le pivotement de l'arbre de balancier, peuvent être supprimés et, par conséquent, la portion de la cage de tourbillon remplissant la fonction de pont de balancier, qui recouvre normalement le balancier-spiral, peut également être supprimée. De ce fait, le balancier-spiral et l'échappement sont plus facilement visibles que dans les tourbillons de l'art antérieur, et le tourbillon peut avoir une épaisseur très réduite.

[0010] Selon un mode de réalisation préféré, le roulement de cage comprend une partie centrale et une partie externe dont l'une est solidaire de la cage et l'autre est destinée à être rendue solidaire du mouvement horloger, l'arbre de balancier étant assemblé directement à la partie du roulement de cage qui est solidaire de la cage.

[0011] De manière avantageuse, le roulement de cage comprend un moyeu solidaire de la cage et une bague externe destinée à être rendue solidaire du mouvement horloger, l'arbre de balancier étant alors solidaire du moyeu. De plus, l'arbre de balancier peut préférablement présenter un épaulement, contre lequel le moyeu est agencé en butée, et un filetage, ménagé à son extrémité située en regard de l'épaulement et, sur lequel est vissé un écrou de manière à rendre l'arbre de balancier et le moyeu solidaires l'un de l'autre.

[0012] Un pignon d'entraînement de la cage est alors préférablement interposé entre le moyeu et l'écrou.

[0013] Selon des caractéristiques préférées de la présente invention, la cage de tourbillon comprend un pont inférieur, solidaire du moyeu, et un pont supérieur, solidaire du pont inférieur, l'échappement comprenant une ancre et une roue d'échappement agencées toutes deux de manière à pivoter entre les ponts inférieur et supérieur.

[0014] De manière générale, on peut prévoir que la cage comprend un pont inférieur, solidaire du moyeu et, présentant au moins une portion située à la périphérie du roulement de cage. Ainsi, la bague externe peut être munie d'une denture remplissant le rôle de roue fixe pour le tourbillon, la portion du pont inférieur située à la périphérie du roulement de cage portant une roue d'échappement dont le pignon est agencé en prise avec la roue fixe.

[0015] Par ailleurs, le roulement de balancier comprend avantageusement des cages interne et externe, le balancier étant solidaire de la cage externe, avec interposition d'un organe intermédiaire de forme sensiblement annulaire et, portant une cheville pour remplir la fonction de plateau en relation avec l'échappement.

[0016] Selon une variante de réalisation préférée, la

cage interne comprend une portion de l'arbre de balancier, associée à une bague assemblée à ce dernier.

[0017] En outre, de manière générale, on peut prévoir que l'arbre de balancier porte une virole de fixation d'une première extrémité du spiral. Préférentiellement, le balancier porte un organe de fixation d'une seconde extrémité du spiral.

[0018] La présente invention concerne également un mouvement horloger comportant un tourbillon selon les caractéristiques ci-dessus, ainsi qu'une pièce d'horlogerie comportant une boîte fermée par au moins une glace et logeant un tel mouvement horloger, le tourbillon étant agencé de telle manière que le spiral est visible directement au travers de la glace, sans interposition d'un autre composant entre lui et la glace. Un tel mouvement horloger pourrait également comprendre un système de remontage automatique comportant une masse de forme annulaire disposée autour du mouvement sur sa périphérie. De cette manière, on obtient un mouvement automatique à tourbillon qui est extrêmement plat.

[0019] Grâce à de telles caractéristiques, on obtient une pièce d'horlogerie offrant une vue spectaculaire sur les composants principaux qui l'animent.

Brève description des dessins

[0020] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation préféré qui suit, faite en référence aux dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et dans lesquels:

[0021] - les figures 1 et 2 représentent des vues en perspective simplifiées, depuis un côté et l'autre, d'un tourbillon selon un mode de réalisation préféré de l'invention, et

[0022] - les figures 3, 4 et 5 représentent des vues en coupe transversale du tourbillon des figures 1 et 2, prises suivant trois plans de coupe respectifs différents.

Mode(s) de réalisation de l'invention

[0023] Les figures 1 et 2 représentent des vues en perspective simplifiées, depuis un côté et l'autre, d'un tourbillon 1 selon un mode de réalisation préféré de l'invention. Ces vues permettent d'apprécier l'apparence générale du tourbillon 1 et plus particulièrement à quel point celle-ci est spectaculaire.

[0024] En effet, le tourbillon 1 comporte un ensemble balancier-spiral comprenant un spiral 2 surmontant un balancier 4, le spiral 2 étant situé sur le dessus du tourbillon 1, sans qu'aucun autre composant ne soit agencé au-dessus de lui. Par conséquent, si le tourbillon est agencé en regard d'une glace dans une pièce d'horlogerie, le spiral est intégralement visible, le balancier 4 n'étant quant à lui que partiellement masqué par le spiral 2.

[0025] Le balancier 4 est porté par un arbre de balancier 6 agencé au centre du tourbillon 1. Il comporte deux

bras 8 dont l'un porte un piton 10 de fixation de l'extrémité externe 12 du spiral 2. L'extrémité interne 14 du spiral 2 est quant à elle solidaire d'une virole 16 portée par l'arbre de balancier 6.

[0026] Le tourbillon comporte en outre une cage 18 comprenant notamment des ponts inférieur 20 et supérieur 22, agencés sous le balancier 4. Les ponts sont reliés l'un à l'autre au moyen de piliers de cage 24, de manière conventionnelle.

[0027] Des composants d'un échappement, en particulier un mobile d'échappement 26 (comportant une roue et un pignon de manière connue) et une ancre 28, sont pivotés entre les deux ponts 20 et 22, au moyen de pierres 30, de manière connue.

[0028] La figure 2 illustre plus particulièrement comment le tourbillon 1 peut être assemblé au bâti d'un mouvement horloger (non représenté) et comment les oscillations du balancier-spiral peuvent être entretenues.

[0029] A cet effet, le tourbillon 1 comporte un roulement de cage 32 de type conventionnel, à billes ou à galets. Le roulement de cage 32 comprend un moyeu 34 solidaire de la cage 18 (comme cela ressortira plus clairement de la description détaillée des figures 3 à 5) ainsi qu'une bague externe 36, destinée à être rendue solidaire d'un élément de bâti du mouvement horloger, en principe au moyen de vis (non représentées),

[0030] Un écrou 38 est solidaire du moyeu 34, d'une manière qui sera décrite ultérieurement, et assure en même temps le serrage d'un pignon d'entraînement 40 de la cage 18. Le pignon d'entraînement 40 est destiné à engrener avec un mobile du rouage de finissage du mouvement horloger, de manière connue.

[0031] La bague externe 36 présente une denture périphérique 42 lui permettant de remplir le rôle de roue fixe. En effet, le pont inférieur 20 présente une forme telle que sa portion portant le mobile d'échappement 26 est située à la périphérie du roulement de cage 32. De ce fait, le pignon d'échappement engrène avec la denture 42 de la bague externe 36, de manière à entraîner toute la cage 18 en rotation, de manière conventionnelle.

[0032] Les figures 3, 4 et 5 représentent des vues en coupe transversale du tourbillon 1, prises suivant trois plans de coupe respectifs différents, à savoir un premier passant par le mobile d'échappement 26, un second passant par un pilier 24 de la cage 18 et, le troisième passant par l'ancre 28. Ces figures permettent de mieux apprécier certains détails de construction.

[0033] Plus particulièrement, il apparaît que l'arbre de balancier 6 présente un épaulement 44, agencé en butée contre le moyeu 34, et comporte un filetage à son extrémité inférieure 46 coopérant avec l'écrou 38, de telle manière que le pignon d'entraînement 40 est serré entre l'écrou 38 et le moyeu 34. Dans le même temps, l'écrou 38 assure le serrage du moyeu 34 contre l'arbre de balancier 6 et rend ainsi ce dernier solidaire de la cage 18.

[0034] On notera également que le moyeu 34 est réalisé en deux parties, avec une bague 48 chassée sur une portion principale afin de permettre l'insertion des billes

dans le roulement de cage lorsque la bague externe 36 est agencée en regard du moyeu 34.

[0035] En outre, des goupilles 50 et 52 assurent respectivement la tenue en rotation entre, d'une part, le pont inférieur 20 et le moyeu 34 et, d'autre part, le moyeu 34 et le pignon d'entraînement 40.

[0036] Par ailleurs, il ressort des figures 3 à 5 que le balancier 4 est monté rotatif sur l'arbre de balancier 6 au moyen d'un roulement de balancier 54, à billes, avec interposition d'un organe intermédiaire 56, de forme sensiblement annulaire, et portant une cheville pour remplir la fonction de plateau en relation avec un dard 58 (visible uniquement sur la figure 5) de l'ancre 28.

[0037] Le roulement de balancier 54 comprend une cage interne dont la fonction est assurée ici directement par l'arbre de balancier 6. Ce dernier présente une bague 60 réalisée d'une pièce avec l'arbre, tandis qu'une seconde bague 62, rapportée, est chassée sur l'arbre de balancier 6 pour emprisonner les billes, après qu'une cage externe 64 ait été agencée en regard de la cage interne.

[0038] Grâce à ces caractéristiques structurelles et d'assemblage, on obtient un ensemble dont le nombre de composants est réduit, entraînant une masse réduite pour le tourbillon selon la présente invention. En outre, cette structure permet d'obtenir un ensemble plus compact et beaucoup moins épais qu'avec les constructions de l'art antérieur.

[0039] Comme déjà mentionné plus haut, selon cette forme d'exécution, une première extrémité du spiral est solidaire de l'arbre de balancier tandis que sa seconde extrémité est solidaire du balancier lui-même, à titre de variante de réalisation préférée mais non limitative. Cette caractéristique particulière permet de se passer d'un pont pour assurer le maintien de l'extrémité externe du spiral et permet par conséquent d'accentuer l'apparence spectaculaire offerte par le tourbillon selon la présente invention.

[0040] En effet, si le tourbillon 1 est agencé en regard d'une glace de pièce d'horlogerie, il est ainsi possible de le rendre apparent sans qu'aucun autre composant du mouvement horloger correspondant ne soit positionné entre le spiral et la glace.

[0041] La description qui précède s'attache à décrire un mode de réalisation particulier à titre d'illustration non limitative et, l'invention n'est pas limitée à la mise en oeuvre de certaines caractéristiques particulières qui viennent d'être décrites, comme par exemple le mode de fixation des extrémités du spiral ou encore la forme des ponts 20 et 22 de la cage de tourbillon. En effet, on peut prévoir que le pont supérieur présente une portion agencée à proximité du spiral pour y assurer l'ancrage de l'une de ses extrémités, sans sortir du cadre de la présente invention. Dans une autre variante, le pont inférieur 20 et/ou le pont supérieur 22 peuvent être monoblocs avec le moyeu 34 du roulement de cage 32. De manière similaire, le mode de fixation de l'arbre de balancier au moyeu du roulement de cage peut être modifié

sans sortir du cadre de la présente invention. On peut par exemple prévoir que l'arbre de balancier comporte un filetage supplémentaire destiné à coopérer avec un taraudage ménagé dans le moyeu, pour assurer une liaison par vissage entre eux.

[0042] L'homme du métier ne rencontrera pas de difficulté particulière pour adapter le contenu de la présente divulgation à ses propres besoins et mettre en oeuvre un tourbillon comportant une cage et un arbre de balancier solidaire de cette dernière, le balancier étant monté rotatif sur l'arbre de balancier au moyen d'un roulement de balancier, à billes ou à galets, sans sortir du cadre de la présente invention.

[0043] Ainsi, il est également possible, à titre d'exemple non limitatif, de prévoir que la partie externe du roulement de cage est solidaire de la cage, tandis que sa partie centrale est destinée à être rendue solidaire du mouvement horloger. Dans ce cas, le mouvement pourra comporter une couronne à denture interne pour engrener avec le pignon du mobile d'échappement, tandis que le pignon d'entraînement de la cage sera solidaire de la partie externe du roulement de cage. Le terme « tourbillon » doit également être pris dans un sens large qui englobe un mécanisme carrousel car, par exemple, les parties fixes 36 et 42 pourraient être solidaires d'une roue mobile entraînée par le rouage de finissage.

[0044] Avantagusement, un tourbillon selon l'invention peut être utilisé en combinaison avec un système de remontage automatique du barillet du mouvement dont la masse a une forme annulaire et est disposée autour de la périphérie du mouvement ce qui résulte en un mouvement à tourbillon automatique qui est extrêmement plat.

Revendications

1. Tourbillon (1), pour mouvement horloger, comportant une cage (18) destinée à être montée rotative sur un élément de bâti du mouvement horloger par l'intermédiaire d'un roulement de cage (32), ladite cage (18) portant notamment un arbre de balancier (6), portant lui-même un balancier (4), ainsi qu'un échappement (26, 28) et un spiral (2), **caractérisé en ce que** ledit arbre de balancier (6) est solidaire de ladite cage (18) tandis que ledit balancier (4) est monté pivotant en référence audit arbre de balancier (6) au moyen d'un roulement de balancier (54).
2. Tourbillon (1) selon la revendication 1, ledit roulement de cage (32) comprenant une partie centrale (34, 48) et une partie externe (36) dont l'une est solidaire de ladite cage (18) et l'autre est destinée à être rendue solidaire du mouvement horloger, **caractérisé en ce que** ledit arbre de balancier (6) est assemblé directement à la partie dudit roulement de cage (32) qui est solidaire de ladite cage (18).

3. Tourbillon (1) selon la revendication 1 ou 2, ledit roulement de cage (32) comprenant un moyeu (34, 48) solidaire de ladite cage (18) et une bague externe (36) destinée à être rendue solidaire du mouvement horloger, **caractérisé en ce que** ledit arbre de balancier (6) est solidaire dudit moyeu (34, 48). 5
4. Tourbillon (1) selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** ledit arbre de balancier (6) présente un épaulement (44), contre lequel ledit moyeu (34) est agencé en butée, et un filetage, ménagé à son extrémité (46) située en regard dudit épaulement (44) et, sur lequel est vissé un écrou (38) de manière à rendre ledit arbre de balancier (6) et ledit moyeu (34) solidaires l'un de l'autre. 10 15
5. Tourbillon (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'un** pignon d'entraînement (40) de ladite cage (18) est interposé entre ledit moyeu (34) et ledit écrou (38). 20
6. Tourbillon (1) selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, **caractérisé en ce que** ladite cage (18) comprend un pont inférieur (20), solidaire dudit moyeu (34), et un pont supérieur (22), solidaire dudit pont inférieur (20), ledit échappement comprenant une ancre (28) et un mobile d'échappement (26) agencés tous deux de manière à pivoter entre lesdits ponts inférieur et supérieur (20, 22). 25 30
7. Tourbillon (1) selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, **caractérisé en ce que** ladite cage (18) comprend un pont inférieur (20), solidaire dudit moyeu (34) et, présentant au moins une portion située à la périphérie dudit roulement de cage (32). 35
8. Tourbillon (1) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** ladite bague externe (36) comprend une denture remplissant le rôle de roue fixe pour le tourbillon (1), ladite portion dudit pont inférieur (20) portant un mobile d'échappement (26) dont le pignon est agencé en prise avec ladite roue fixe. 40 45
9. Tourbillon (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, ledit roulement de balancier (54) comprenant des cages interne (6, 60, 62) et externe (64), ledit balancier (4) étant solidaire de ladite cage externe (64), avec interposition d'un organe intermédiaire (56) de forme sensiblement annulaire, et portant une cheville pour remplir la fonction de plateau en relation avec ledit échappement (26, 28). 50 55
10. Tourbillon (1) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** ladite cage interne (6, 60, 62) comprend une portion dudit arbre de balancier (6, 60), associée à une bague (62) assemblée à ce dernier.
11. Tourbillon (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit arbre de balancier (6) porte une virole (16) de fixation d'une première extrémité (14) dudit spiral (2). 5
12. Tourbillon (1) selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** ledit balancier (4) porte un organe de fixation (10) d'une seconde extrémité (12) dudit spiral (2). 10
13. Mouvement horloger comprenant un tourbillon (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12. 15
14. Mouvement horloger selon la revendication 13, comprenant une source d'énergie mécanique associée à un mécanisme de remontage automatique, **caractérisé en ce que** ledit mécanisme de remontage automatique comporte une masse mobile de forme annulaire et disposée à la périphérie du mouvement horloger. 20
15. Pièce d'horlogerie comportant une boîte fermée par au moins une glace et logeant un mouvement horloger selon la revendication 13 ou 14, **caractérisée en ce que** ledit tourbillon (1) est agencé de telle manière que ledit spiral (2) est visible directement au travers de ladite glace, sans interposition d'un autre composant entre lui et ladite glace. 25 30

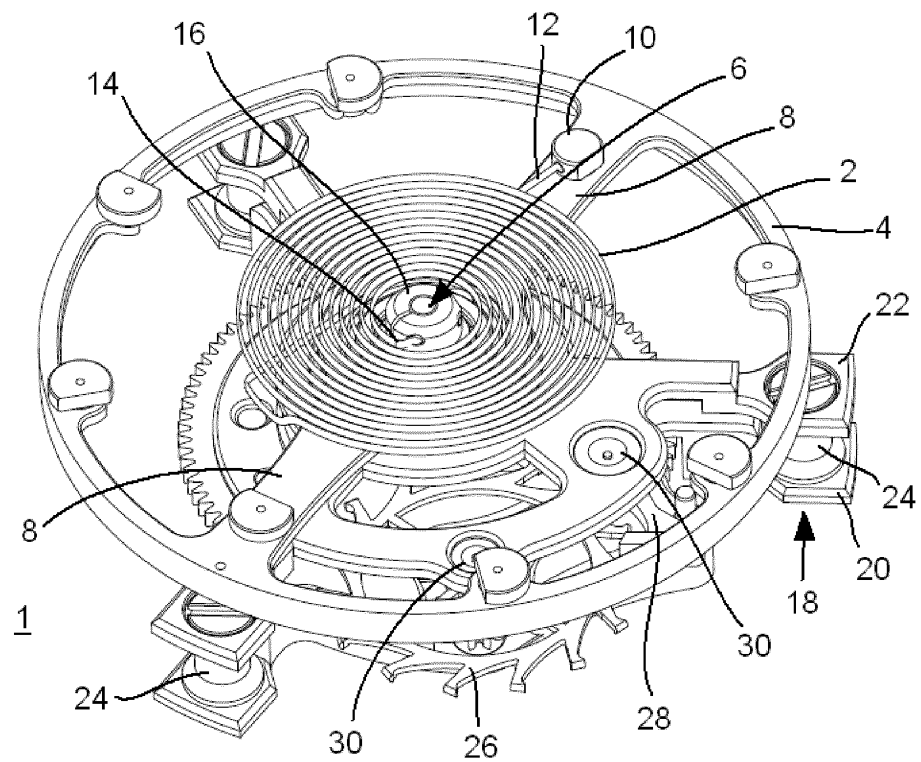


Fig. 1

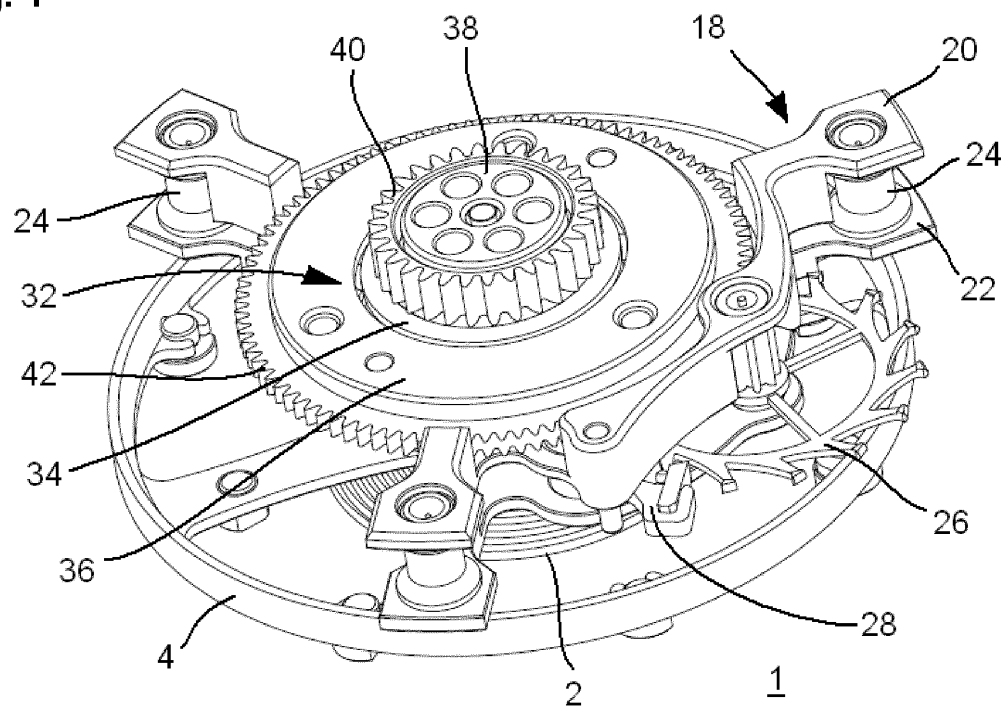


Fig. 2

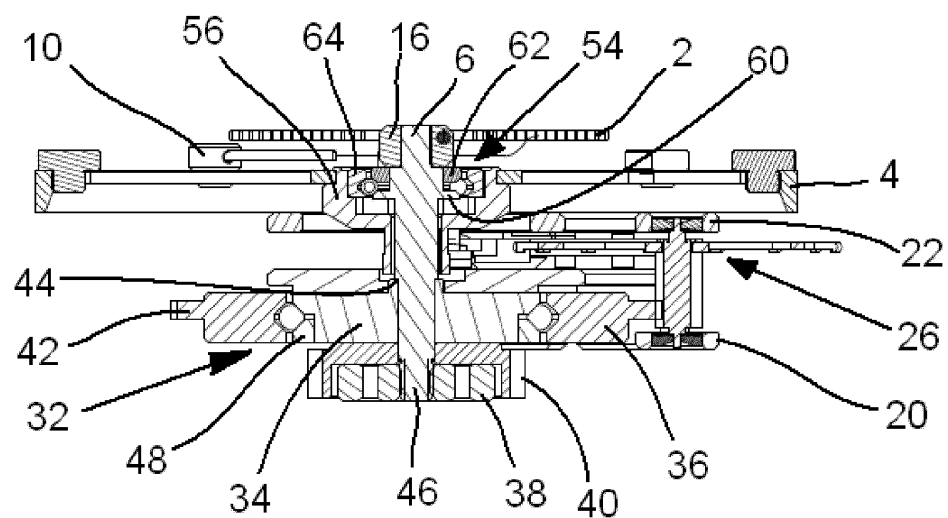


Fig. 3

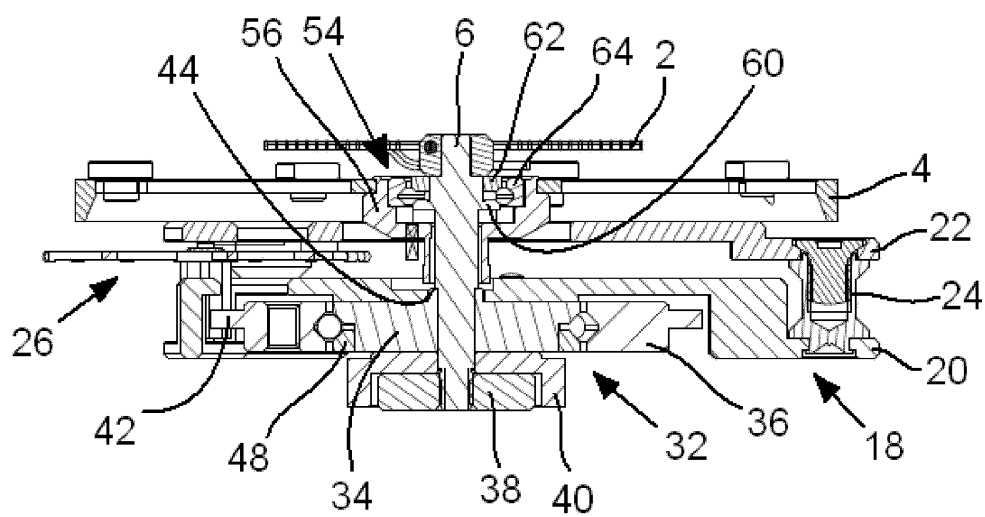


Fig. 4

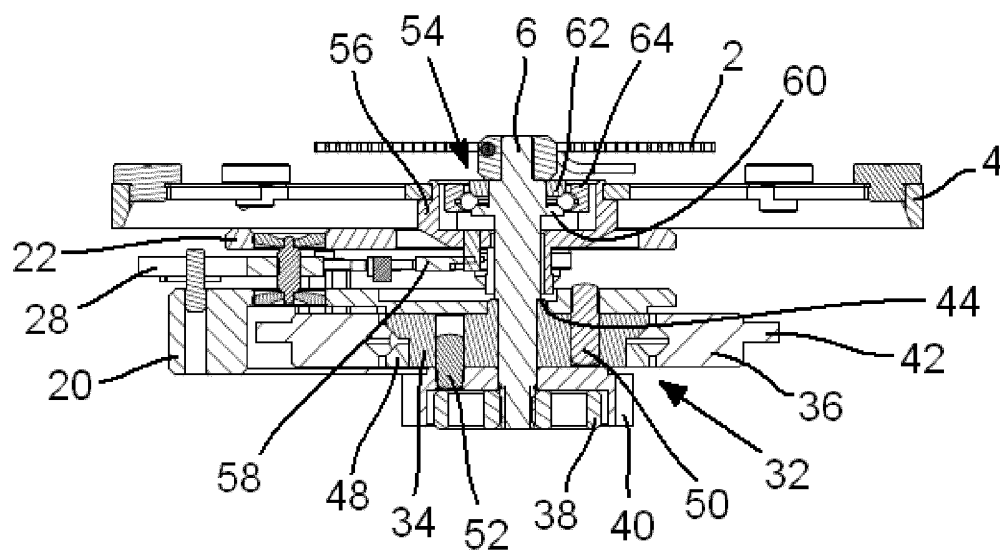


Fig. 5



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 12 19 0230

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A,D	US 7 744 271 B2 (JANSEN ROB E [CH] ET AL JANSEN ROB E A [CH] ET AL) 29 juin 2010 (2010-06-29) * le document en entier * -----	1-15	INV. G04B17/28
			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 26 mars 2013	Examineur Lupo, Angelo
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			

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 12 19 0230

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.

26-03-2013

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 7744271	B2	29-06-2010	AT 443283 T 15-10-2009
			EP 1623282 A2 08-02-2006
			US 2007041276 A1 22-02-2007
			WO 2004097533 A2 11-11-2004

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

- US 7744271 B2 [0005]