

(19)



(11)

EP 3 839 653 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
23.06.2021 Bulletin 2021/25

(51) Int Cl.:
G04B 17/06 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19218481.0**

(22) Date de dépôt: **20.12.2019**

(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
KH MA MD TN**

(72) Inventeurs:
• **LE BRIS, Jean-Baptiste
74970 Marignier (FR)**
• **BUCAILLE, Jean-Luc
74160 Présilly (FR)**

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

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

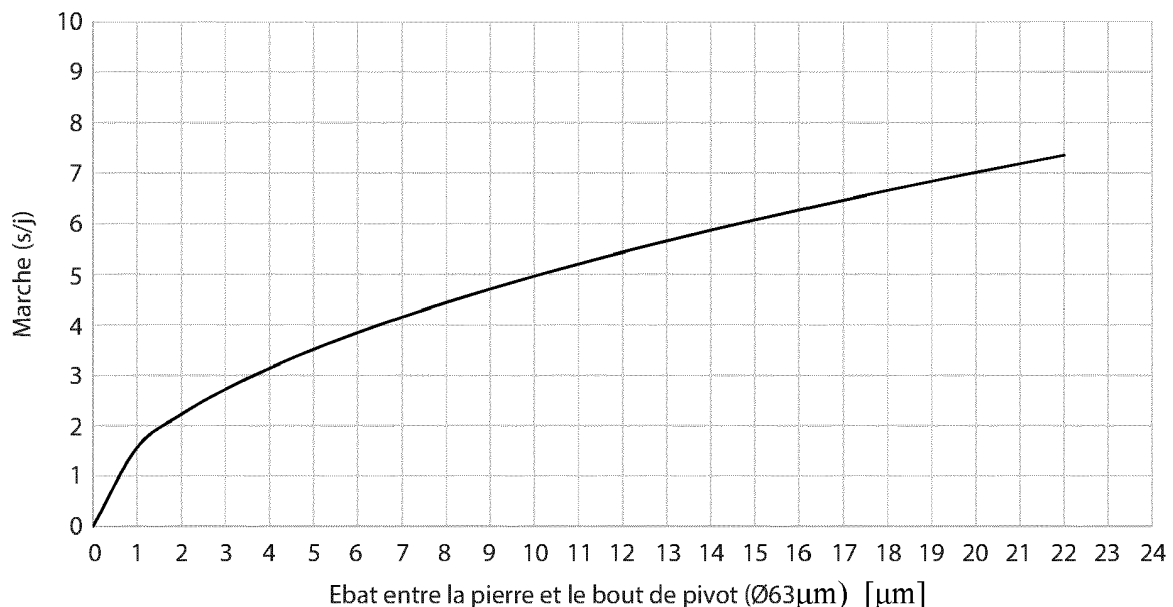
(54) **PROCEDE DE CORRECTION DE LA MARCHE ET/OU DE L'AMPLITUDE D'UN OSCILLATEUR DE TYPE BALANCIER SPIRAL AUX POSITIONS VERTICALES**

(57) La présente invention a pour objet un procédé de correction de la marche et de l'amplitude aux positions verticales pour un oscillateur de type balancier spiral d'un mouvement d'horlogerie dans lequel on augmente en

augmentant l'ébat de référence soit en augmentant le diamètre intérieur du palier soit en diminuant le diamètre extérieur du pivot pour l'un ou les deux couples palier/pivot de l'oscillateur.

Fig.7

Marche s/j en fonction de l'ébat entre la pierre et le bout de pivot ($\varnothing 63\mu\text{m}$)

**EP 3 839 653 A1**

Description

[0001] La présente invention a pour objet un procédé de correction de la marche et/ou de l'amplitude d'un oscillateur de type balancier spiral aux positions verticales.

[0002] Un oscillateur traditionnel de type balancier-spiral représenté aux figures 1a et 1b est composé d'un balancier 1 et d'un ressort spiral attaché par ses extrémités au balancier 1 et au piton 9 lui-même fixé au coq. Le balancier 1 est formé d'une serge 1a solidaire d'un axe de balancier 2. L'axe de balancier 2 comprend deux pivots 3, 4 sans portée formés par une partie cylindrique 3a, 4a raccordée par un congé 3b, 4b au tigeon de l'axe 2. Les pivots 3, 4 traversent le trou d'une pierre de pivotement 5, 6 et appuient par leur extrémité arrondie ou bout de pivot 3c, 4c contre la face d'une seconde pierre appelée contrepivot ou contre-pierre 7, 8. En général, un lubrifiant est utilisé pour améliorer le pivotement entre les pivots 3, 4 et les pierres de pivotement 5, 6 et les contre-pierres 7, 8. Les dimensions des pivots 3, 4 et des trous dans les pierres de pivotement 5, 6 sont en général inférieures à 100 µm. L'axe de balancier 2 porte encore, d'un côté du balancier 1, au moins un plateau 10 ainsi que la cheville de plateau 11, par laquelle arrive l'impulsion de l'échappement.

[0003] En pratique, les oscillations d'un balancier-spiral entretenu par un échappement ne sont pas isochrones, c'est-à-dire qu'elles ne se font pas toutes en temps égal. La durée des oscillations d'un balancier spiral, et donc l'isochronisme de celui-ci (soit son aptitude à osciller dans des temps égaux, quelles que soient les influences extérieures, voir Dictionnaire professionnel illustré de l'horlogerie, G.-A. Berner) est perturbée par les principaux facteurs suivants : l'échappement, le contact entre les pivots de l'axe de balancier et leurs paliers (pierres et contre-pierres), l'équilibre de l'ensemble balancier-spiral, les défauts de l'ensemble et la forme du spiral.

[0004] Les horlogers étudient en général les oscillations d'un balancier-spiral entretenu par un échappement dans six positions déterminées dudit balancier-spiral et de la montre : deux positions horizontales, horizontale haut (HH, sur fond, position naturelle de la main en pronation) et horizontale bas (HB, sur verre, position rarement observée au porter de la main en supination) et quatre positions verticales, verticale haut (VH, 3h en haut), verticale bas (VB, 9h en haut), verticale droite (VD, 12h en haut) et verticale gauche (VG, 6 heure en haut).

[0005] L'isochronisme du balancier-spiral peut par exemple être évalué en associant pour chacune des six positions type l'amplitude des oscillations avec la marche instantanée du mouvement. La marche est un terme de réglage qui désigne traditionnellement la différence de deux états de la montre séparés par 24 heures. Il est possible de mesurer la marche instantanée M [s/] en fonction de la période des oscillations du balancier :

$$M = -86400 \frac{T - T_0}{T}$$

où, T est la période observée de l'oscillateur, T_0 est la période théorique des oscillations (isochronisme parfait) et 86400 est le nombre de secondes dans 24 heures.

[0006] Ainsi, si la période observée T est plus courte que la période théorique T_0 , le balancier-spiral est plus rapide, la marche instantanée est positive et le mouvement a de l'avance. A l'inverse, si la période observée T est plus longue que la période théorique T_0 , le balancier-spiral est plus lent, la marche instantanée est négative et le mouvement a du retard.

[0007] En associant ainsi l'amplitude des oscillations avec la marche instantanée du mouvement, il est possible d'obtenir des courbes, dites courbes d'isochronisme, caractérisant l'isochronisme d'un oscillateur de type balancier-spiral entretenu par un échappement. La figure 2a illustre ces courbes d'isochronisme dans les six positions types. L'horloger considère plus généralement l'intervalle d'amplitudes entre 180° et 300° visible sur la figure 2b.

[0008] La perte d'amplitude est plus grande dans les positions verticales que dans les positions horizontales (sur la figure 2a : amplitude maximale à environ 260° pour les positions verticales, contre une amplitude maximale de 285° pour les positions horizontales). Cela est dû au fait que le frottement est plus important dans les positions verticales que dans les positions horizontales, car les contacts sont différents. Les positions verticales correspondent au balancier en appui sur deux pierres (le couple résistant : bras de levier lié au rayon du cylindre du pivot) alors que les positions horizontales correspondent au balancier en appui sur une contre-pierre (le couple résistant : bras de levier lié au rayon du bout de pivot).

[0009] De plus, parce que le balancier 1 n'est pas fixé de manière symétrique par rapport aux pivots 3, 4 sur l'axe de balancier 2 de la figure 1a, et que la cheville du double plateau n'est pas coplanaire au balancier, les courbes obtenues pour les positions horizontale haut HH et horizontale bas HB ne sont pas équivalentes en marche et en amplitude.

[0010] Les horlogers utilisent encore trois notions pour étudier les oscillations d'un balancier spiral : le décalage fond-verre est la différence de marche entre la position HB et la position HH pour une amplitude donnée (voir la figure 3) ; le décalage plat-pendu en marche est la différence de marche entre la moyenne des positions horizontales HH et HB et la moyenne des positions verticales VB, VH, VG et VD (voir la figure 4) ; tandis que le décalage plat-pendu en amplitude est la différence entre la moyenne des amplitudes maximales des positions horizontales HH et HB et la moyenne des amplitudes maximales des positions verticales VB, VH, VG et VD. Sur les courbes des figures 3 et 4, on lit les résultats suivants :

- Décalage plat-pendu en marche aux amplitudes

maximales (285° et 255°) :3s/j

- Décalage plat-pendu en amplitude : 30°.

[0011] Les horlogers cherchent à optimiser le fonctionnement du balancier-spiral et donc à réduire les marches (le décalage fond-verre et le décalage plat-pendu en marche), à optimiser l'isochronisme et à maximiser l'amplitude des oscillations. En pratique, il s'agit plutôt de faire en sorte que tous les défauts (frottements, influence de l'échappement, forme du spiral, équilibre, contraintes de construction...) soient nuls ou se neutralisent.

[0012] Le but de la présente invention est de proposer un procédé permettant de corriger la marche et/ou de l'amplitude d'un oscillateur de type balancier spiral aux positions verticales.

[0013] La présente invention a pour objet un procédé de correction de la marche et/ou de l'amplitude aux positions verticales pour un oscillateur de pièce d'horlogerie de type balancier-spiral selon la revendication 1.

[0014] L'invention va maintenant être décrite en détail en référence aux figures annexées.

Les figures 1a et 1b illustrent un oscillateur de type balancier-spiral et ses moyens de pivotement traditionnels tels que décrits ci-dessus.

Les figures 2 à 4, également discutées en introduction, sont des courbes d'isochronisme obtenues pour un certain mouvement d'horlogerie dont l'oscillateur du type balancier-spiral illustré aux figures 1a et 1b présente les caractéristiques suivantes : fréquence 4Hz, masse du balancier 47mg, moment d'inertie 4,7 mg cm², axe de balancier en acier, pivots de diamètre 63 µm, bouts de pivots avec surface de contact lisse, pierres de pivotement et contre-pierres en rubis.

La figure 5 est une vue en coupe d'un pivot dans sa pierre de pivotement d'un ensemble oscillateur-pierre de pivotement de l'art antérieur en position verticale de l'oscillateur, dans lequel l'ébat entre ledit pivot et sa pierre est de 12 µm.

La figure 6 est une vue en coupe d'un pivot dans sa pierre de pivotement d'un ensemble oscillateur-pierre de pivotement selon l'invention en position verticale de l'oscillateur, dans lequel l'ébat entre le pivot et sa pierre est de 22 µm.

La figure 7 illustre la marche dans les positions verticales en fonction de l'ébat entre le pivot et sa pierre de pivotement pour une amplitude comprise entre 260° et 270°.

La figure 8 illustre la moyenne des marches en positions horizontales haut et bas et la moyenne des marches en positions verticales en fonction de l'amplitude pour un premier exemple d'ensemble oscillateur-pierres selon l'invention tel qu'illustré à la figure 6.

La figure 9 illustre la marche en fonction de l'amplitude dans les positions horizontales HB et HH pour un coefficient de frottement valant 0,05 pour les deux

couples bout de pivot/contre-pierre.

La figure 10 illustre l'amplitude dans les positions verticales en fonction du diamètre du pivot.

[0015] Un oscillateur de type balancier spiral illustré aux figures 1a et 1b a déjà été décrit en partie ci-dessus.

[0016] En positions verticales du balancier, l'axe du balancier 2 appuie par ses deux pivots 3, 4 dans les trous des pierres de pivotement 5, 6. En particulier, ce sont les surfaces cylindriques 3a, 4a des pivots 3, 4 qui appuient contre les parois intérieures de chacun des trous des pierres de pivotement 5, 6. Selon l'amplitude d'oscillations de l'oscillateur balancier-spiral, les frottements dans les positions verticales se partagent entre un frottement de roulement et un frottement de glissement pour le reste de l'oscillation. Cette courte phase de roulement est responsable d'une avance de plusieurs secondes par jour et a donc une influence sur la marche.

[0017] De même, il est également démontré que les frottements dans les positions verticales engendrent une perte d'amplitude importante pour les oscillations de l'oscillateur (quelle que soit la position verticale considérée) et que cette perte d'amplitude est plus importante que dans les positions horizontales. Par conséquent, le décalage plat-pendu en amplitude est généralement significatif (30° selon les courbes de la figure 2b).

[0018] L'ébat entre un pivot 3, 4 de l'oscillateur et sa pierre de pivotement 5, 6 respective correspond à la différence entre le diamètre intérieur du trou de la pierre de pivotement 5, 6 et le diamètre extérieur du pivot 3, 4.

[0019] La demanderesse a pu établir un lien entre l'ébat entre les pivots et leur pierre respective et la marche dans les positions verticales, lorsque lesdits pivots sont en appui dans lesdites pierres. Ce lien est illustré par la courbe de la figure 7 pour une amplitude comprise entre 260° et 270°. Il est possible d'obtenir des résultats similaires à ceux de la figure 7 pour toutes les autres amplitudes. Il a été en effet constaté que les courbes obtenues sont similaires et ne subissent qu'un décalage vertical.

[0020] Il a été constaté qu'en augmentant l'ébat entre les pivots et leur pierre respective dans les positions verticales, la marche dans les positions verticales est augmentée. Ainsi la moyenne des marches en positions verticales est également rehaussée et se rapproche de la moyenne des marches en positions horizontales comme illustré sur la figure 8. Le décalage plat-pendu en marche a donc été réduit et amélioré.

[0021] Pour augmenter l'ébat entre les pivots et leur pierre respective en positions verticales, il est possible soit de réduire le diamètre extérieur du pivot, soit d'augmenter le diamètre intérieur du trou de la pierre de pivotement dans lequel pivote ledit pivot en positions verticales.

[0022] Il existe également un lien entre le diamètre extérieur du pivot et l'amplitude des oscillations dans les positions verticales. Ce lien est illustré par la courbe de la figure 10. L'amplitude θ est ainsi proportionnelle au

diamètre d du pivot selon l'équation suivante :

$$\theta = -0,53d + 294.$$

[0023] En effet, en diminuant le diamètre du pivot, le roulement dudit pivot dans le trou de la pierre est favorisé et les frottements au contact sont réduits.

[0024] Ainsi, en diminuant le diamètre du pivot, il est également possible d'augmenter l'amplitude maximale d'oscillation dans les positions verticales. Le décalage plat-pendu en amplitude est alors également réduit et amélioré.

[0025] De préférence, on augmente l'ébat pour les deux couples pivot/palier de l'oscillateur afin de conserver une symétrie dans le pivotement. En variante, on pourrait augmenter l'ébat d'un seul couple pivot/palier, soit le couple pivot/palier haut ou bas.

[0026] La présente invention a pour objet un procédé de correction de la marche et de l'amplitude aux positions verticales pour un oscillateur de type balancier spiral d'un mouvement d'horlogerie.

[0027] La première étape du procédé consiste à fournir un ensemble formé d'un oscillateur de type balancier spiral comprenant un axe terminé par deux pivots et deux paliers de pivotement dans lesquels pivotent les pivots de l'oscillateur dans les positions verticales de l'oscillateur. Chaque palier comprend un trou caractérisé par un diamètre intérieur tandis que chaque pivot présente un diamètre extérieur strictement inférieur audit diamètre intérieur des paliers de pivotement.

[0028] Dans une seconde étape, on détermine l'ébat de référence entre les pivots et leur palier respectif défini comme la différence entre le diamètre intérieur du palier et le diamètre extérieur des pivots.

[0029] La troisième étape consiste à corriger la marche et/ou l'amplitude des oscillations de l'oscillateur dans les positions verticales en augmentant l'ébat de référence soit en augmentant le diamètre intérieur du palier soit en diminuant le diamètre extérieur du pivot pour l'un ou les deux couples palier/pivot de l'oscillateur.

[0030] Par exemple, pour l'oscillateur de la figure 1, l'ébat de référence entre les pivots et leur palier respectif défini comme la différence entre le diamètre intérieur du palier et le diamètre extérieur des pivots vaut environ à 12 µm et le procédé selon l'invention, consiste à agir sur le palier et/ou le pivot de sorte à augmenter le diamètre intérieur du trou du palier ou diminuer le diamètre extérieur du pivot pour obtenir un ébat supérieur à 12 µm.

[0031] La marche et/ou l'amplitude des oscillations de l'oscillateur dans les positions verticales peuvent être déterminées pour des oscillations libres ou entretenues. C'est-à-dire que le procédé peut comprendre encore une étape consistant à fournir un mouvement d'horlogerie comprenant un mécanisme d'échappement destiné à entretenir les oscillations de l'oscillateur et qu'on corrige la marche et/ou l'amplitude des oscillations de l'oscillateurs entretenues par ledit mécanisme d'échappement.

[0032] Tout moyen technique approprié peut être utilisé pour agir sur le palier et/ou le pivot de sorte à augmenter le diamètre intérieur du trou du palier ou diminuer le diamètre extérieur du pivot.

[0033] La présente invention a été décrite ci-dessus en relation avec un axe de balancier et ses paliers de pivotement. Il est envisageable d'appliquer l'enseignement de l'invention à d'autres systèmes pivotés entre paliers comme l'axe de l'ancre d'un échappement à ancre notamment.

Revendications

1. Procédé de correction de la marche et de l'amplitude aux positions verticales pour un oscillateur de type balancier spiral d'un mouvement d'horlogerie comprenant les étapes suivantes :

- fournir un oscillateur de type balancier spiral comprenant un axe terminé par deux pivots et deux paliers de pivotement dans lesquels pivotent les pivots de l'oscillateur dans les positions verticales de l'oscillateur, chaque palier comprenant un trou destiné à recevoir un pivot et **caractérisé par** un diamètre intérieur tandis que chaque pivot présente un diamètre extérieur strictement inférieur audit diamètre intérieur des paliers de pivotement ;
- déterminer l'ébat de référence entre les pivots et leur palier respectif défini comme la différence entre le diamètre intérieur du palier et le diamètre extérieur des pivots ;
- corriger la marche et/ou l'amplitude des oscillations de l'oscillateur dans les positions verticales en augmentant l'ébat de référence soit en augmentant le diamètre intérieur du palier soit en diminuant le diamètre extérieur du pivot pour l'un ou les deux couples palier/pivot de l'oscillateur.

2. Procédé selon la revendication 1 **caractérisé par le fait que** l'on fournit en outre un mouvement d'horlogerie comprenant un mécanisme d'échappement destiné à entretenir les oscillations de l'oscillateur et que l'on corrige la marche et/ou l'amplitude des oscillations de l'oscillateur entretenu par ledit mécanisme d'échappement.

Fig.1a

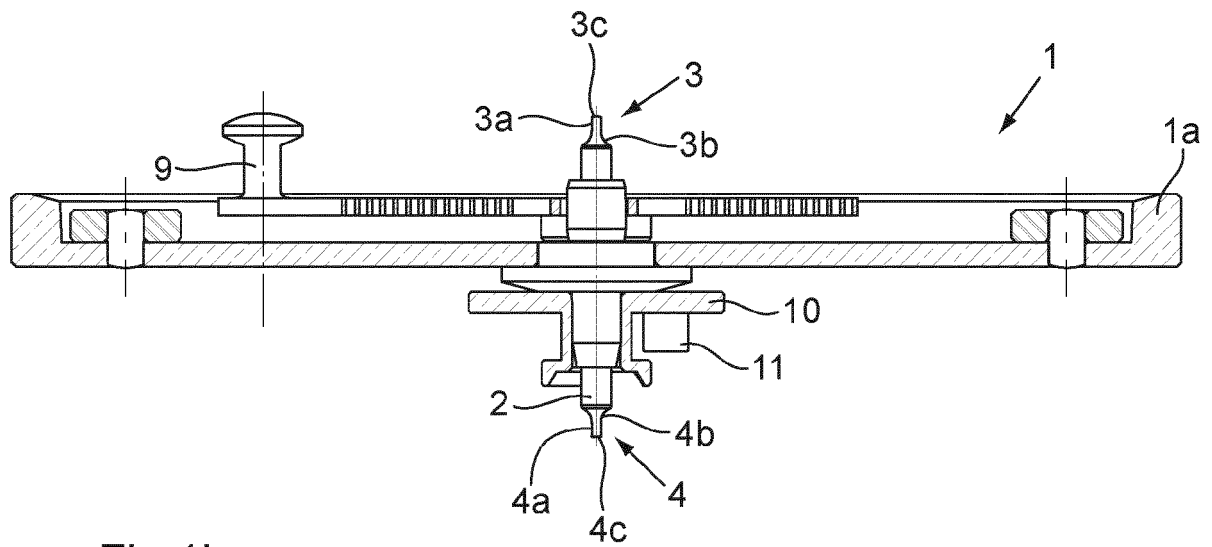


Fig.1b

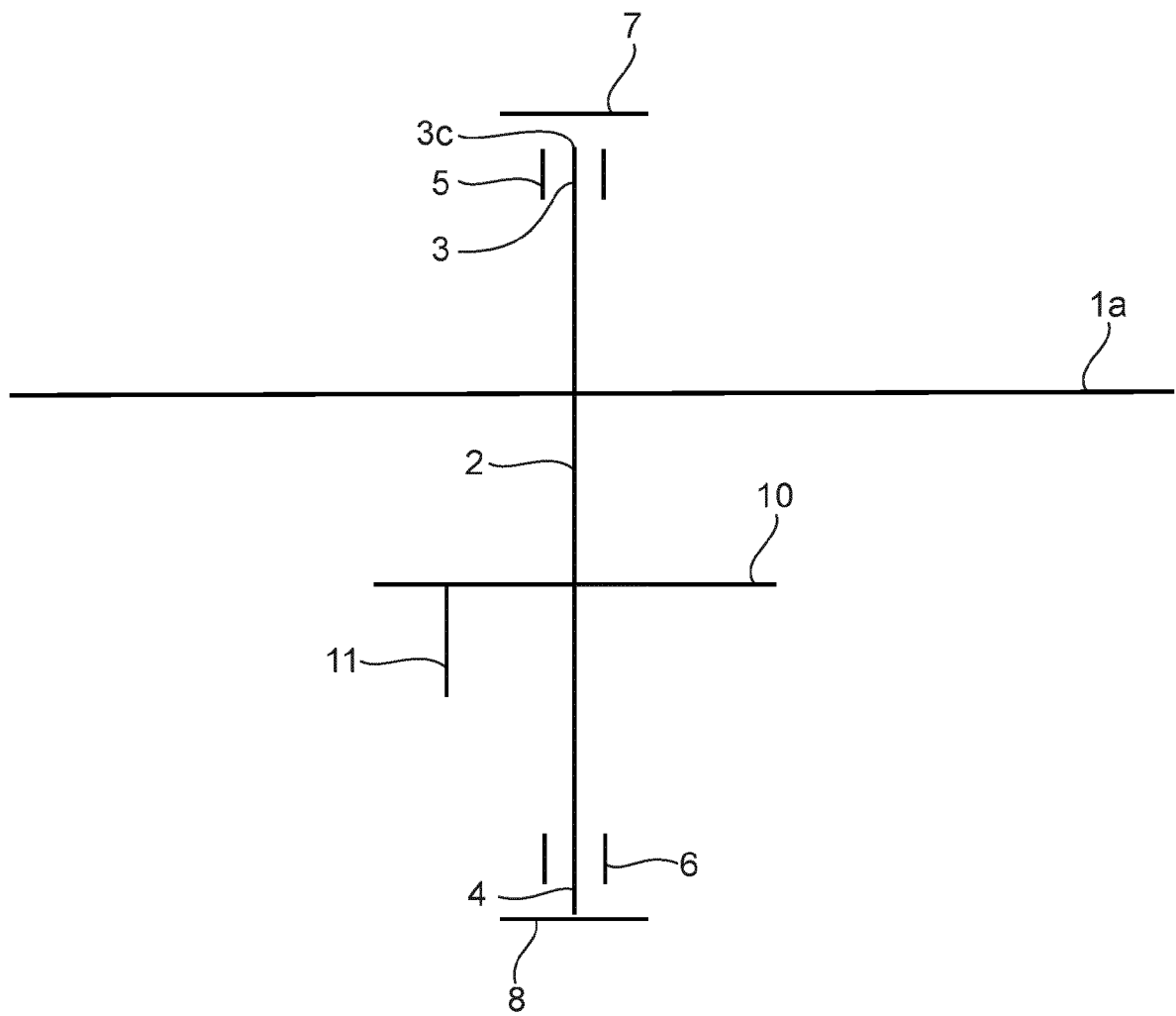


Fig.2a

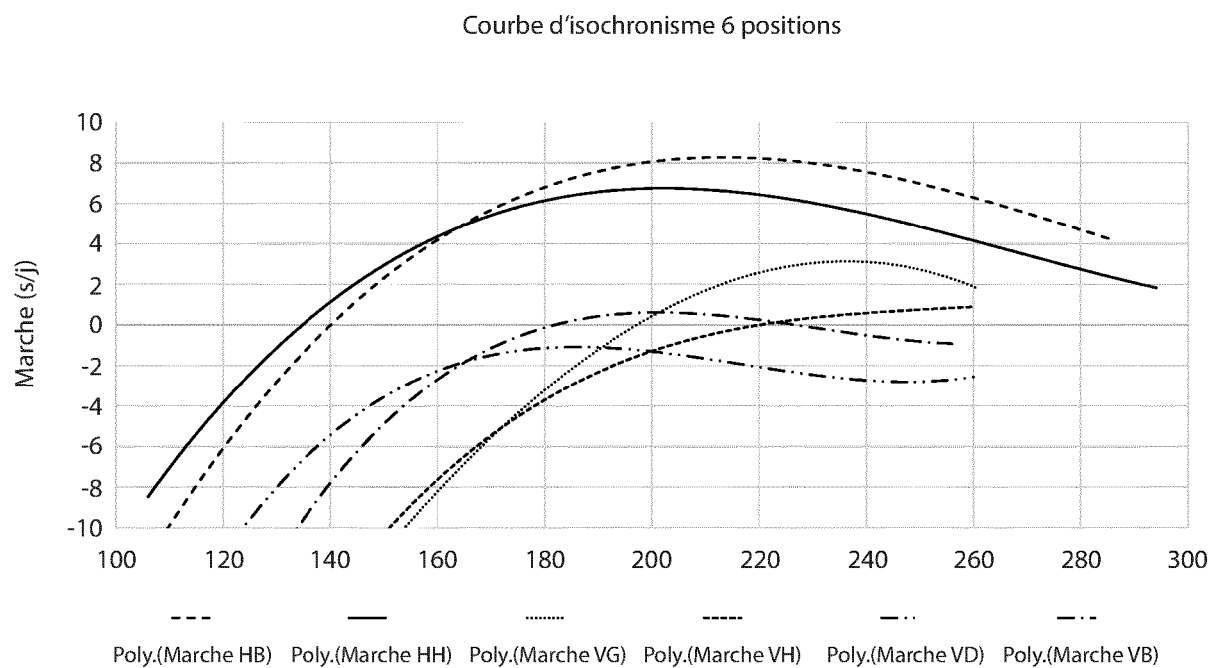


Fig.2b

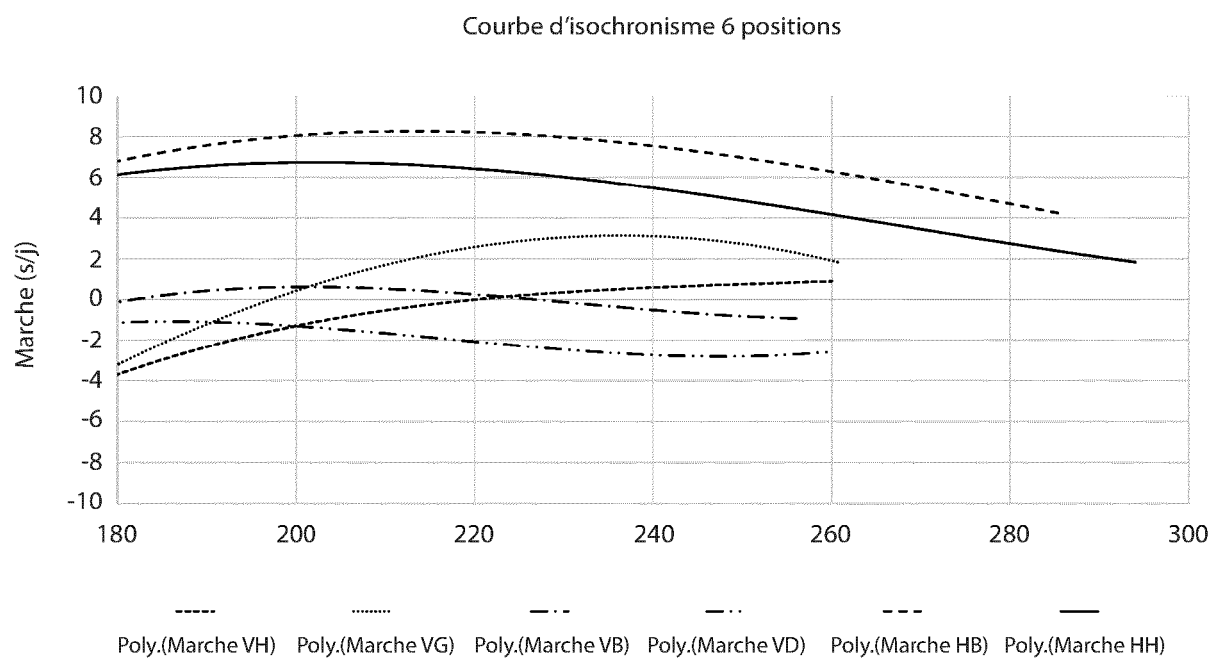


Fig.3

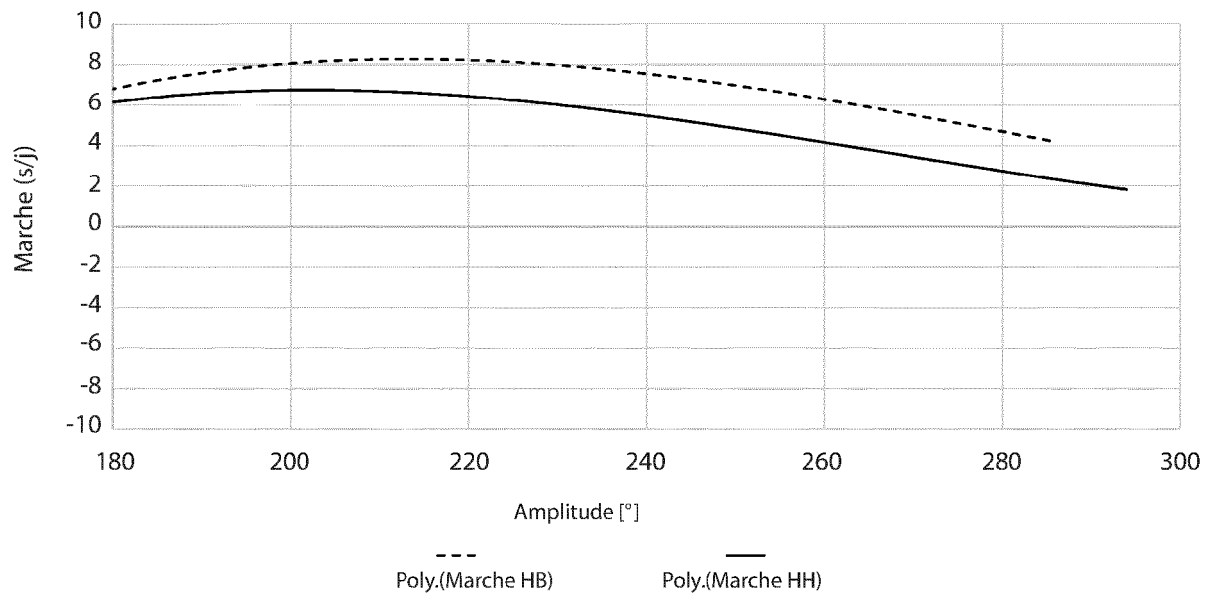


Fig.4

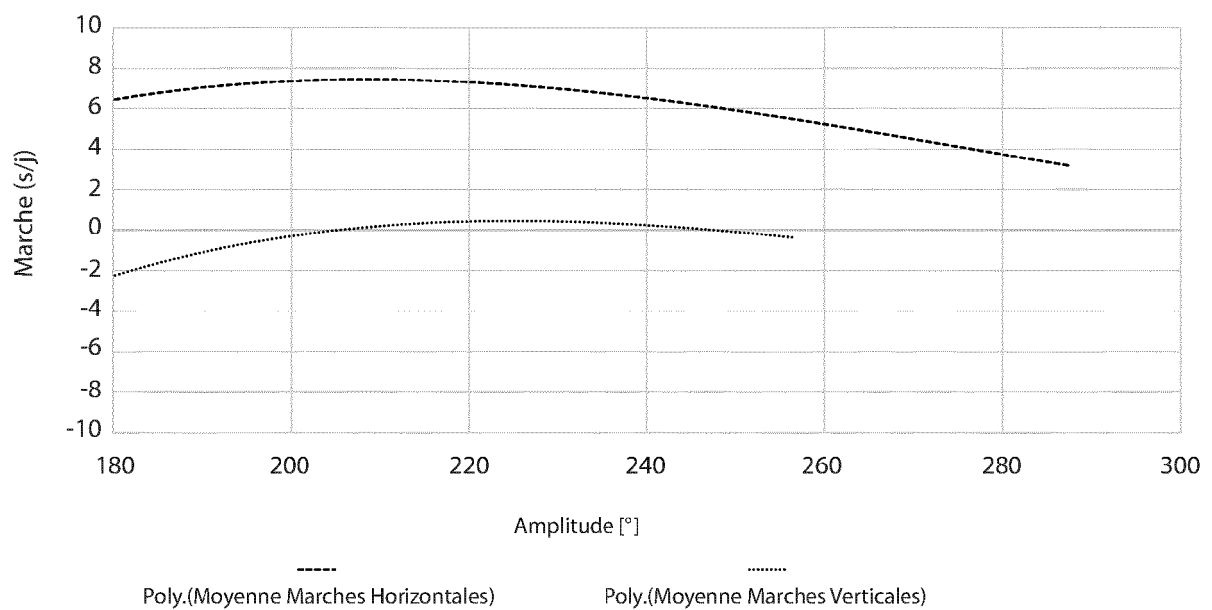


Fig.5

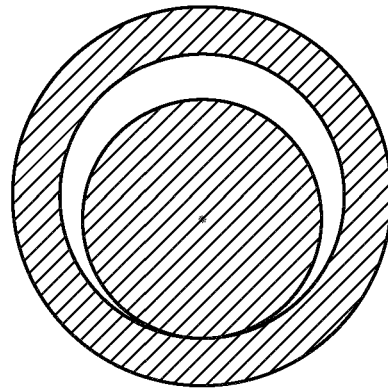


Fig.6

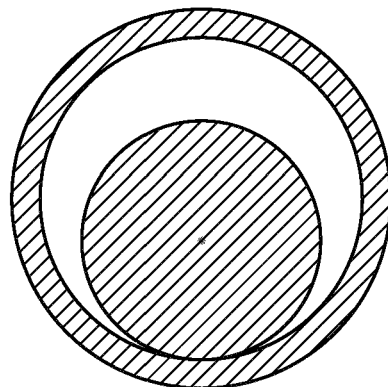


Fig.7

Marche s/j en fonction de l'ébat entre la pierre et le bout de pivot ($\varnothing 63\mu\text{m}$)

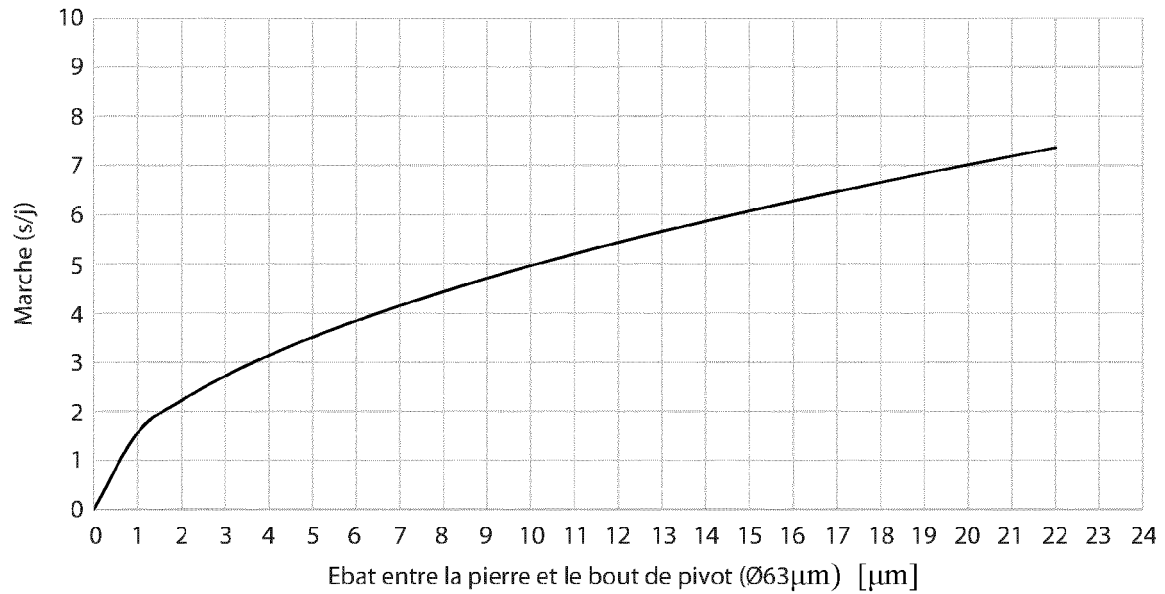
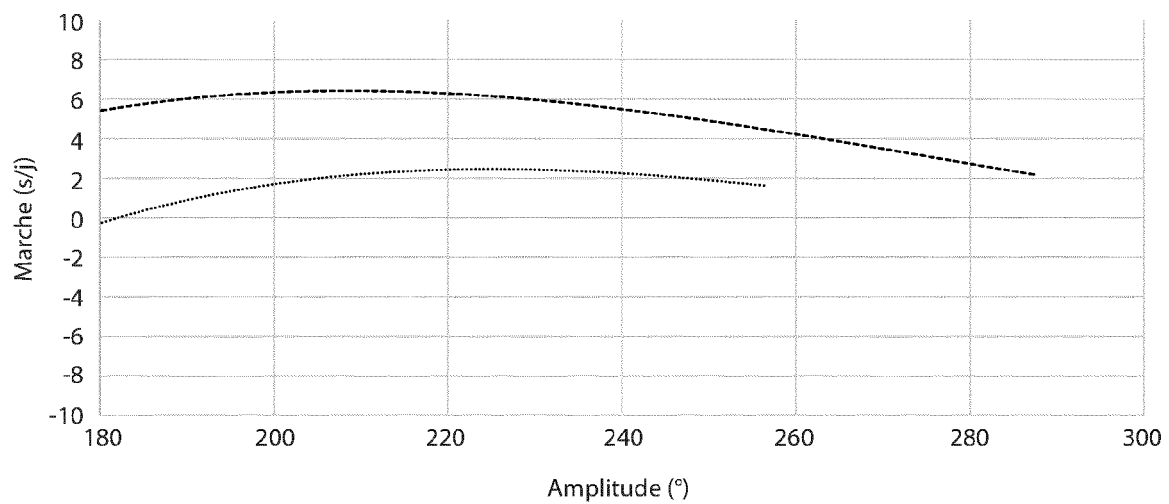


Fig.8



----- Poly. (Moyenne Marches Horizontales COF 0.05 HB et COF 0.12HH)

..... Poly. (Moyenne Marche Verticale ébat $22\mu\text{m}$)

Fig.9

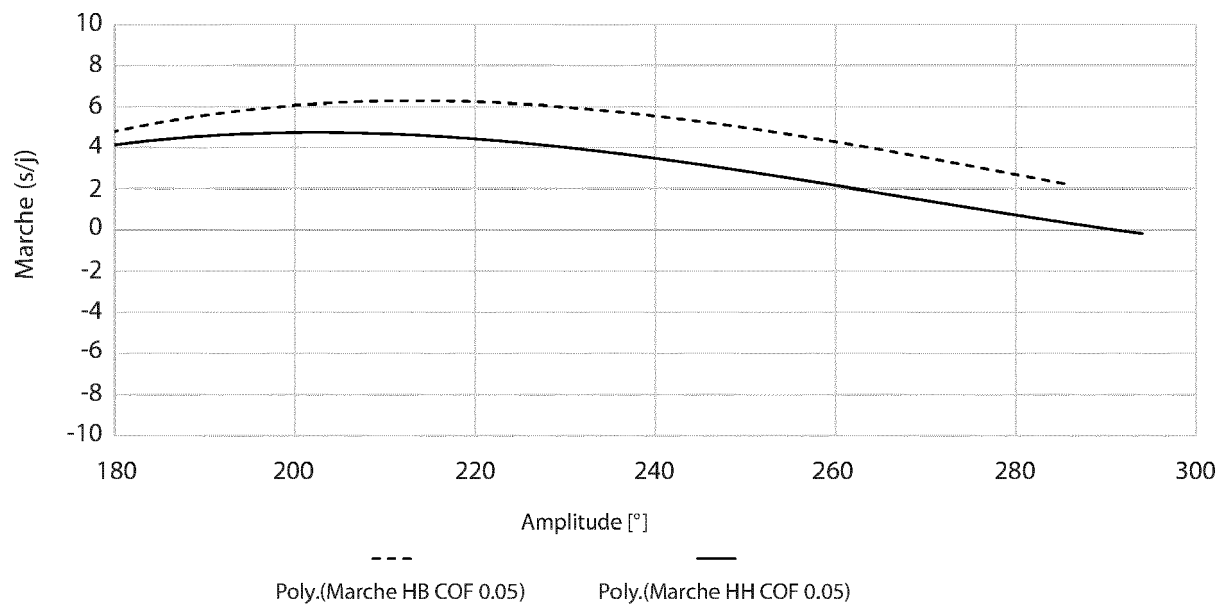
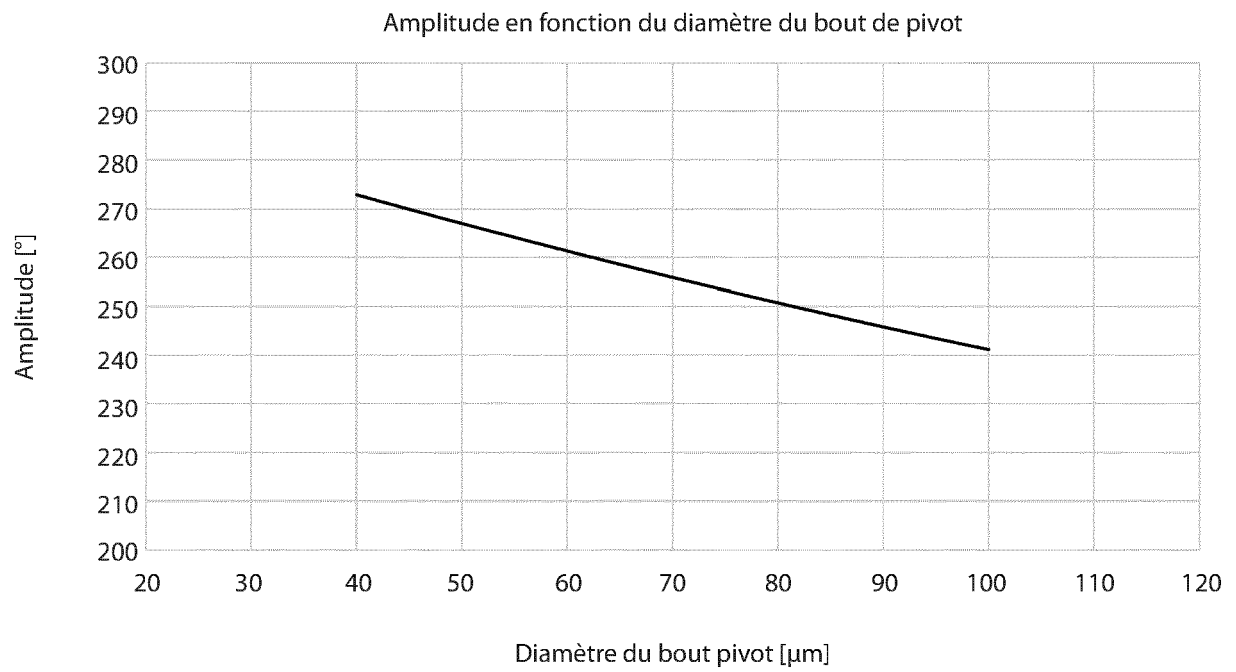


Fig.10





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 19 21 8481

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	CH 708 217 A2 (BREITLING MONTRES SA [CH]) 15 décembre 2014 (2014-12-15) * alinéa [0002] - alinéa [0013] * * revendication 1 *	1,2	INV. G04B17/06
A	EP 2 551 732 A1 (ROLEX SA [CH]) 30 janvier 2013 (2013-01-30) * alinéa [0002] - alinéa [0006] * * alinéa [0014] - alinéa [0039] * * revendications 1,7 * * figures 1-8 *	1,2	
A	EP 1 986 059 A1 (ETA SA MFT HORLOGERE SUISSE [CH]) 29 octobre 2008 (2008-10-29) * alinéa [0003] - alinéa [0008] * * alinéa [0016] - alinéa [0023] * * figures 1-6 *	1,2	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G05B G04B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		19 juin 2020	Jacobs, Peter
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 19 21 8481

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.

19-06-2020

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CH 708217 A2	15-12-2014	AUCUN	
EP 2551732 A1	30-01-2013	CH 705292 A2	31-01-2013
		CN 102902193 A	30-01-2013
		EP 2551732 A1	30-01-2013
		JP 6231264 B2	15-11-2017
		JP 2013033037 A	14-02-2013
		US 2013028056 A1	31-01-2013
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	10-08-2012
		JP 5524827 B2	18-06-2014
		JP 2010539440 A	16-12-2010
		US 2011164478 A1	07-07-2011
		WO 2008132135 A2	06-11-2008

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