



(11)

EP 3 882 712 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
22.09.2021 Bulletin 2021/38

(51) Int Cl.:
G04B 15/08 (2006.01) **G04B 15/14 (2006.01)**
G04B 17/26 (2006.01) **G04B 17/20 (2006.01)**
G04B 15/10 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **20164019.0**

(22) Date de dépôt: **18.03.2020**

(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:
• **DI DOMENICO, Gianni**
2000 Neuchâtel (CH)
• **LECHOT, Dominique**
2722 Les Reussilles (CH)
• **STRANCZL, Marc**
1260 Nyon (CH)
• **LÉGERET, Benoît**
1024 Ecublens (CH)

(71) Demandeur: **The Swatch Group Research and Development Ltd**
2074 Marin (CH)

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

(54) **MOUVEMENT MÉCANIQUE HORLOGER MUNI D'UN ÉCHAPPEMENT COMPRENANT UNE ANCRE DÉFORMABLE ÉLASTIQUEMENT**

(57) Le mouvement horloger comprend un résonateur mécanique (2) et un échappement (12) comprenant une roue d'échappement (16), qui présente une pluralité de dents (42), et une ancre (14) formée d'une baguette (20) et de deux bras (24, 26) présentant respectivement deux palettes mécaniques (28, 29) susceptibles d'entrer en contact, lorsque l'ancre subit un mouvement alternatif, avec une quelconque des dents selon la position angulaire que présente la roue d'échappement. Pour éviter une détérioration de l'échappement lors d'un basculement de l'ancre alors que la roue d'échappement est po-

sitionnée dans une position angulaire défavorable, l'ancre est agencée de manière à pouvoir, lors dudit basculement de cette ancre, fléchir en subissant une déformation élastique. L'ancre présente une capacité élastique, entre chacune des deux palettes mécaniques et une fourchette (18) de l'ancre, lui permettant d'absorber élastiquement, lors de ladite déformation élastique, une énergie mécanique maximale que peut avoir le résonateur mécanique lors du fonctionnement normal du mouvement horloger.

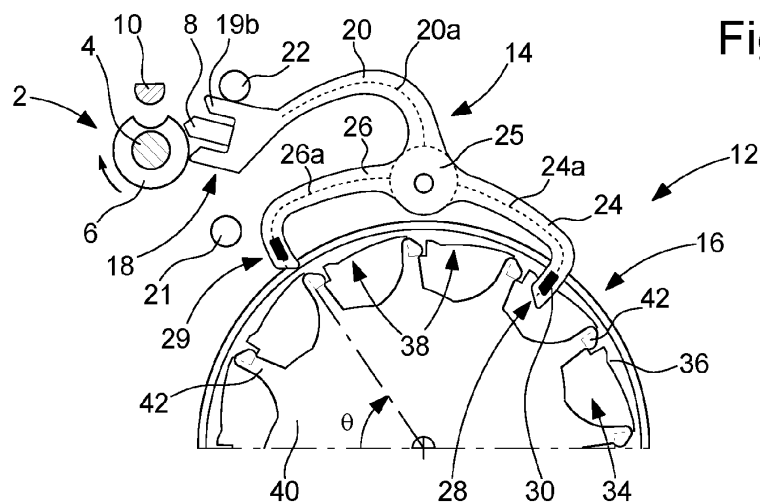


Fig. 1A

Description

Domaine technique

[0001] L'invention est relative aux mouvements horlogers comprenant un échappement muni d'une ancre coopérant, d'une part, avec une roue d'échappement et, d'autre part, avec un résonateur mécanique, l'ancre ayant un axe de rotation différent de celui du résonateur mécanique.

[0002] En particulier, l'invention concerne un mouvement horloger muni d'un échappement comprenant un système de couplage magnétique entre une roue d'échappement et une ancre. Comme dans le cas d'une ancre suisse, l'ancre présente un mouvement alternatif qui est synchrone du mouvement périodique du résonateur mécanique, mais différent. Par échappement magnétique, on comprend un échappement muni d'aimants agencés en partie sur l'ancre et en partie sur la roue d'échappement de manière à engendrer un couplage magnétique entre l'ancre et la roue d'échappement.

Arrière-plan technologique

[0003] L'échappement à ancre suisse est connu depuis très longtemps. En fonctionnement normal, les dents de la roue d'échappement coopèrent avec deux palettes de l'ancre de manière déterminée permettant une rotation pas-à-pas de la roue d'échappement qui est synchrone avec l'oscillation du résonateur mécanique, à savoir en général un balancier-spiral. Lorsque le couple de force fourni à la roue d'échappement diminue par le fait que le ressort de barillet se détend, les impulsions d'entretien générées par l'échappement et transmises au résonateur diminuent progressivement en intensité de sorte que, lorsque la roue d'échappement finit par s'arrêter alors que ledit couple de force devient inférieur à une valeur limite, l'énergie emmagasinée dans le résonateur est relativement faible. Ainsi, le risque qu'une palette ou une dent de la roue d'échappement soit détériorée lors d'un choc terminal éventuel entre une palette et une dent, selon la position angulaire d'arrêt de la roue d'échappement, est relativement faible bien que pas exclu. La situation est plus problématique dans le cas d'un mouvement horloger muni d'un système d'entraînement à force constante pour la roue d'échappement, car le résonateur conserve sensiblement une même énergie mécanique tout au long du fonctionnement de l'échappement jusqu'à l'arrêt de la roue d'échappement et de son entraînement. Le risque d'un événement accidentel en fin de marche du mouvement horloger est donc augmenté.

Résumé de l'invention

[0004] L'inventeur a constaté que le problème indiqué précédemment devient un inconvénient majeur dans le cas d'un mouvement horloger comprenant un échappe-

ment hybride, magnétique et mécanique. En effet, on a observé que le risque d'un choc terminal entre l'ancre et la roue d'échappement augmente fortement dans le cas d'un échappement hybride, à savoir d'un échappement muni d'un système magnétique de couplage entre l'ancre et la roue d'échappement, avec des rampes d'énergie potentielle magnétique permettant d'accumuler de l'énergie magnétique potentielle dans l'échappement à chaque pas de la rotation pas-à-pas de la roue d'échappement avant de générer une impulsion magnétique en fin de pas alors que cette roue d'échappement est à l'arrêt, et dont la roue d'échappement comprend des dents prévues pour coopérer avec des palettes mécaniques de l'ancre dans au moins une phase du fonctionnement de l'échappement (par exemples au démarrage et/ou lors du fonctionnement normal du mouvement horloger pour absorber à chaque pas de l'énergie cinétique de la roue d'échappement et éventuellement définir des positions angulaires d'arrêt pour la roue d'échappement, comme ceci sera exposé dans la description détaillée de l'invention). En effet, ce type d'échappement cumule les risques d'un arrêt de la roue d'échappement dans une position angulaire à risque alors que le résonateur possède encore une énergie mécanique nominale. Premièrement, les impulsions d'entretien sont des impulsions magnétiques présentant une valeur constante tant que le couple de force fourni à la roue d'échappement est supérieur ou égal à une certaine limite inférieure. Ensuite, dès que ledit couple de force est en-dessous de cette limite inférieure, la roue d'échappement ne peut plus gravir correctement la prochaine rampe d'énergie potentielle magnétique, de sorte que la roue d'échappement ne s'arrêtera pas dans une prochaine position angulaire d'arrêt normale, mais sensiblement au bas d'une rampe d'énergie potentielle magnétique ou le long de celle-ci. Dès lors, comme le résonateur mécanique oscille normalement lors d'un tel événement puisqu'il a reçu précédemment des impulsions magnétiques d'intensité sensiblement constante (intensité nominale), si une palette mécanique se présente en face d'une dent lors du prochain basculement de l'ancre, un choc important peut avoir lieu et endommager la roue d'échappement ou l'ancre, voire le résonateur mécanique. Ce problème technique accru, mis en lumière par l'inventeur, nécessite donc une solution technique appropriée.

[0005] De manière générale, la présente invention concerne un mouvement horloger comprenant un résonateur mécanique, en particulier un balancier-spiral, et un échappement, associé à ce résonateur mécanique, qui est formé par une roue d'échappement comprenant une pluralité de parties saillantes, notamment des dents, et par une ancre munie d'une fourchette, destinée à coopérer avec une cheville du résonateur mécanique, et de deux palettes mécaniques qui sont destinées à coopérer avec la pluralité de dents au moins dans une certaine phase de fonctionnement du mouvement horloger. Ce mouvement horloger est agencé de manière que, lors d'un basculement de l'ancre depuis une première de ses

deux positions de repos en direction de la seconde position de repos alors que la roue d'échappement est positionnée dans une quelconque position angulaire θ d'une pluralité de plages de positions angulaires correspondant respectivement à la pluralité de parties saillantes, une des deux palettes mécaniques de l'ancre bute contre une de ces parties saillantes avant que cette ancre ne puisse atteindre la position angulaire de dégagement de la cheville, solidaire du résonateur mécanique, du côté de la seconde position de repos. Selon l'invention, l'ancre est agencée de manière à pouvoir, lors dudit basculement de l'ancre, fléchir, dans un plan général de l'ancre parallèle à sa fourchette, en subissant une déformation élastique sous l'action d'une force exercée par la cheville du résonateur mécanique, engagée dans la fourchette, sur une des deux cornes de cette fourchette alors que ladite palette mécanique bute contre ladite partie saillante et que le résonateur mécanique est freiné par l'ancre. De plus, cette ancre présente une capacité élastique, entre chacune des deux palettes mécaniques et la fourchette, lui permettant d'absorber sous forme d'énergie élastique, lors de ladite déformation élastique, une énergie mécanique maximale que peut avoir le résonateur mécanique lors du fonctionnement normal du mouvement horloger.

[0006] Dans un mode de réalisation principal, l'échappement comprend un système magnétique couplant magnétiquement la roue d'échappement et l'ancre, ce système magnétique étant agencé de manière à générer, lors du fonctionnement normal du mouvement horloger, des impulsions magnétiques ayant une énergie sensiblement constante pour entretenir une oscillation du résonateur mécanique via une interaction entre la cheville de ce résonateur mécanique et la fourchette de l'ancre.

[0007] Dans une variante particulière, lesdites impulsions magnétiques sont générées au niveau des deux palettes mécaniques qui supportent respectivement deux aimants formant deux palettes magnétiques. L'ancre est agencée de manière à pouvoir, lors d'un fonctionnement normal du mouvement horloger, transmettre substantiellement un couple de force magnétique engendré par chacune des impulsions magnétiques à sa fourchette pour entretenir une oscillation du résonateur mécanique.

Brève description des figures

[0008] L'invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide des dessins annexés, donnés à titre d'exemples nullement limitatifs, dans lesquels les Figures 1A à 1F montrent partiellement un mouvement horloger, selon un mode de réalisation principal de l'invention, représenté dans des positions successives suite à un arrêt de la roue d'échappement dans une position angulaire particulière.

Description détaillée de l'invention

[0009] A l'aide des figures annexées on décrira ci-après un mode de réalisation principal d'un mouvement horloger selon l'invention, lequel est du type mécanique et comprend un résonateur mécanique 2, dont seulement l'axe 4, le petit plateau 6 présentant une encoche et la cheville 10 ont été représentés. Le mouvement horloger comprend un échappement 12 qui est associé au résonateur mécanique dont le petit plateau et la cheville sont des éléments formant cet échappement. L'échappement 12 comprend en outre une roue d'échappement 16 et une ancre 14 qui est un organe séparé du résonateur mécanique et dont l'unique axe de rotation est différent de celui de ce résonateur mécanique.

[0010] L'ancre 14 est formée, d'une part, d'une baguette 20 terminée par une fourchette 18, comprenant deux cornes 19a et 19b, et par un dard 8 et, d'autre part, de deux bras 24 et 26 dont les extrémités libres forment respectivement deux palettes mécaniques 28 et 29. Les deux palettes mécaniques supportent respectivement deux aimants 30 et 32 qui forment deux palettes magnétiques de l'ancre 14. Le résonateur mécanique 2 est couplé à l'ancre de manière que, lorsque le résonateur mécanique oscille normalement, cette ancre subit un mouvement alternatif, synchronisé sur l'oscillation du résonateur mécanique, entre deux positions de repos, définies par deux goupilles de limitation 21 et 22, dans lesquelles l'ancre demeure alternativement durant des intervalles de temps successifs.

[0011] La roue d'échappement 16 comprend une structure aimantée périodique 36 qui est agencée sur un disque 34, de préférence en matériau amagnétique (ne conduisant pas les champs magnétiques de manière à ne pas rendre la roue d'échappement sensible à des champs magnétiques extérieurs qui pourraient exercer un couple de force important sur cette roue d'échappement si ce disque était en matériau ferromagnétique). La structure 36 présente des portions aimantées 38, globalement en arc de cercle, qui définissent des rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique pour les deux palettes magnétiques 30 et 32, lesquelles présentent chacune une aimantation axiale avec une polarité opposée à celle de l'aimantation axiale de la structure aimantée périodique de sorte à engendrer de la répulsion magnétique entre les palettes magnétiques et la structure aimantée. Chaque portion aimantée présente une largeur monotone croissante. En particulier, la largeur des portions aimantées 38 augmente, sur l'entier de leur longueur utile, de manière linéaire en fonction de l'angle au centre. Selon une variante avantageuse, la structure aimantée périodique 36 est agencée de sorte que son pourtour extérieur est circulaire, les portions aimantées en arc de cercle de cette structure aimantée ayant une même configuration et étant agencées circulairement autour de l'axe de rotation de la roue d'échappement.

[0012] De manière générale, chaque rampe croissante d'énergie potentielle magnétique est prévue de sorte que

chacune des deux palettes magnétiques puisse la graver lorsque l'ancre est dans une position de repos donnée, parmi ses deux positions de repos, et qu'un couple de force fourni à la roue d'échappement est sensiblement égal à un couple de force nominale (cas d'un mouvement mécanique muni d'un système à force constante pour l'entraînement de la roue d'échappement) ou compris dans une plage de valeurs prévues pour assurer le fonctionnement normal du mouvement horloger (cas d'un mouvement mécanique classique présentant un couple de force variable appliqué à la roue d'échappement en fonction du niveau d'armage du barillet ou des barillets si plusieurs sont prévus en série). Les rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique sont gravées, lorsque l'ancre subit un mouvement alternatif entre ses deux positions de repos et lorsque le couple de force fourni à la roue d'échappement est égal audit couple de force nominale ou compris dans la plage de valeurs prévues pour ce couple de force en fonctionnement normal, successivement par chacune des première et deuxième palettes magnétiques alors que l'ancre est respectivement dans ses première et deuxième positions de repos, et alternativement par ces première et deuxième palettes magnétiques lors du mouvement alternatif de l'ancre. Les deux palettes magnétiques et les rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique sont agencées de manière que l'ancre puisse subir une impulsion de force magnétique dans le sens de son mouvement, après qu'une quelconque des deux palettes magnétiques a gravi une quelconque desdites rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique, lorsque l'ancre bascule de la position de repos correspondant à cette quelconque rampe d'énergie potentielle magnétique vers son autre position de repos.

[0013] La structure aimantée périodique définit en outre pour chacune des deux palettes magnétiques des barrières magnétiques 46 qui sont situées respectivement à la suite des rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique définies par les portions aimantées 38, ces barrières magnétiques étant formées notamment par des plages aimantées 46 de la structure 36 dont la dimension radiale est sensiblement égale ou supérieure à la dimension longitudinale de chacun des deux aimants 30 et 32 formant les palettes magnétiques de l'ancre. Dans une autre variante, les barrières magnétiques ne sont pas prévues, les portions aimantées 38 s'étendant alors partiellement sous des parties saillantes 42 décrites ci-après.

[0014] La roue d'échappement comprend en outre des parties saillantes qui sont associées respectivement aux rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique. Ces parties saillantes sont formées par des dents 42 s'étendant radialement depuis un plateau 40 qui est solidaire de la roue d'échappement et situé au-dessus du disque 34 portant la structure aimantée 36. Ces dents sont situées respectivement à la suite des portions aimantées 38, du côté de leur extrémité la plus large, et sont partiellement superposées aux plages aimantées

46 correspondantes. Les dents et les palettes mécaniques sont formées par un matériau amagnétique. De préférence, le plateau 40 est aussi formé par un matériau amagnétique et il est venu de matière avec les dents.

[0015] Dans la variante avantageuse représentée, les dents 42 s'étendent dans un plan général dans lequel s'étendent également les deux palettes mécaniques 28, 29 de l'ancre. Les deux aimants 30, 32 sont supportés respectivement par les deux palettes mécaniques et sont aussi situés dans ledit plan général. Les figures ne montrent qu'une structure aimantée inférieure, située en-dessous du plan général. Toutefois, dans une variante avantageuse, la roue d'échappement comprend en outre une structure aimantée supérieure, de même configuration que la structure aimantée inférieure et supportée par un disque supérieur, formé de préférence d'un matériau amagnétique. Les structures aimantées inférieure et supérieure forment ensemble la structure aimantée périodique. Elles ont une même polarité magnétique, opposée à celle des deux aimants de l'ancre, et sont agencées de part et d'autre du plan géométrique dans lequel sont situés ces deux aimants formant les deux palettes magnétiques, de préférence à même distance.

[0016] Avant de décrire plus en détails l'objet de la présente invention, on décrira des caractéristiques particulières de l'échappement du mode de réalisation principal qui permettent, d'une part, d'améliorer son comportement en fonctionnement normal (c'est-à-dire lors d'un fonctionnement stable, intervenant après une phase de démarrage, avec un couple de force M_{RE} fourni à la roue d'échappement qui est sensiblement égal à un couple de force nominale ou compris dans une plage de valeurs prévue pour assurer le fonctionnement normal du mouvement horloger, notamment une rotation pas-à-pas correcte de la roue d'échappement) et, d'autre part, d'obtenir un auto-démarrage de l'ensemble formé de l'échappement et du résonateur mécanique.

[0017] Premièrement, l'ancre 14 et la roue d'échappement 16 sont agencées de manière que, en fonctionnement normal, une des dents 42 de la roue d'échappement subit au moins un choc sur une ou l'autre des deux palettes mécaniques après que la palette magnétique correspondante a gravi une quelconque des rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique suite à un basculement de l'ancre. Ce choc intervient de manière à dissiper au moins partiellement une énergie cinétique de la roue d'échappement acquise suite audit basculement. Les dents de la roue d'échappement sont prévues pour pouvoir absorber de l'énergie cinétique de cette roue d'échappement, à chaque pas de la roue d'échappement, après une accumulation d'énergie potentielle magnétique dans l'échappement pour une prochaine impulsion d'entretien du résonateur mécanique, et pour limiter ainsi une oscillation terminale lors de chaque pas de sa rotation pas-à-pas.

[0018] Dans une variante préférée, en fonctionnement normal et une fois la roue d'échappement momentanément à l'arrêt, une dent 42 presse contre une butée mé-

canique de l'ancre formée par une ou l'autre des deux palettes mécaniques. L'échappement est donc un échappement hybride, c'est-à-dire magnétique et mécanique. Ainsi, pour un mouvement classique, il est prévu, en fonctionnement normal et pour toute la plage de valeurs PV_M du couple de force M_{RE} , que la roue d'échappement s'immobilise momentanément, après au moins un premier choc d'une quelconque de ses dents contre une quelconque des deux palettes mécaniques et avant un basculement suivant de l'ancre, à une position angulaire d'arrêt dans laquelle la quelconque dent presse contre la quelconque palette mécanique. Chaque position angulaire d'arrêt est ainsi définie par une dent en appui contre une palette mécanique.

[0019] Ensuite, les dents 42 et les palettes mécaniques 28, 29 sont agencées de manière que, lors d'un nouvel armage du ressort de barillet faisant suite à un arrêt du mouvement horloger et permettant à la roue d'échappement 16 de se remettre à tourner dans le sens de rotation prévu, au moins une des deux palettes mécaniques 28, 29 entre en contact avec une dent 42 de la roue d'échappement, lesquelles sont configurées de sorte que la roue d'échappement peut fournir à l'ancre 14 un couple de force mécanique de démarrage et donc une impulsion mécanique de démarrage. Ainsi, un auto-démarrage efficace et rapide de l'ensemble formé de l'échappement 12 et du résonateur mécanique 2, et donc du mouvement mécanique horloger, est rendu possible. En particulier, la roue d'échappement soumise audit couple de démarrage n'est pas arrêtée par le contact entre la dent et la palette mécanique concernées, mais la dent peut transmettre au moins en majeure partie le couple de démarrage à l'ancre.

[0020] Dans la variante avantageuse représentée aux figures, chacune des dents 42 présente, dans un système de coordonnées polaires de la roue d'échappement 16 qui est centré sur son axe de rotation, une première surface inclinée qui est inclinée de manière que chacune des première et deuxième palettes mécaniques 28, 29 peut, dans une phase de démarrage, glisser sur cette première surface inclinée alors que la roue d'échappement traverse une plage de positions angulaires θ correspondante. Par 'surface inclinée' dans un système de coordonnées polaires, on comprend une surface qui n'est ni radiale, ni tangentielle. De plus, chacune des deux palettes mécaniques de l'ancre présente, dans le système de coordonnées polaires associé à la roue d'échappement, une deuxième surface inclinée lorsque la palette considérée est en contact avec une des dents 42 de la roue d'échappement. La deuxième surface inclinée est configurée de manière que chacune des dents 42 peut, dans une phase de démarrage, glisser sur cette deuxième surface inclinée lorsque la roue d'échappement traverse une plage de positions angulaires θ qui correspond à une zone de contact entre la dent et la palette mécanique considérées.

[0021] Par la suite, on décrira plus en détails l'objet spécifique de la présente invention. Dans le cadre du

mode de réalisation principal décrit, l'ancre 14 comprend :

- un seul axe de pivotement 50 qui est centré sur un unique axe géométrique de rotation prévu pour l'ancre ;
- une partie de liaison rigide 25 à laquelle est fixé l'axe de pivotement, lequel traverse cette partie de liaison et présente classiquement à ses deux extrémités deux pivots guidés en rotation par deux pierres percées ;
- deux bras 24 et 26 liés, à leurs premières extrémités, à la partie de liaison 25 et présentant respectivement, à leurs secondes extrémités, les deux palettes mécaniques 28, 29 qui sont susceptibles d'entrer en contact, au moins lors d'une certaine phase de fonctionnement de l'échappement, avec une quelconque partie saillante / dent parmi la pluralité de parties saillantes / dents 42 de la roue d'échappement et qui sont agencées pour pouvoir coopérer avec ces parties saillantes, comme exposé précédemment ;
- une fourchette 18 ayant classiquement deux cornes 19a, 19b et agencée pour coopérer avec le résonateur mécanique 2 via sa cheville 10 qui est solidaire de l'axe central 4 de ce résonateur mécanique ; et
- une baguette 20 liée à sa première extrémité à la partie de liaison 25 et à sa seconde extrémité à la fourchette 18, cette baguette étant libre entre sa première extrémité et sa seconde extrémité.

[0022] Dans une variante avantageuse, la partie de liaison, la baguette et les deux bras sont formés par une pièce monobloc. Dans une variante préférée, la pièce monobloc est constituée d'un matériau métallique.

[0023] L'incorporation de dents 42 pour permettre l'une et/ou l'autre des deux fonctions décrites précédemment, à savoir l'amortissement d'oscillations de la roue d'échappement lors d'une rotation pas-à-pas de cette dernière en fonctionnement normal et/ou un auto-démarrage de l'ensemble formé du résonateur mécanique et de l'échappement, en particulier un échappement du type magnétique, a pour conséquence que, lors d'un basculement de l'ancre 14 depuis une première de ses deux positions de repos en direction de la seconde position de repos alors que la roue d'échappement 16 est positionnée dans une quelconque position angulaire θ d'une pluralité de plages de positions angulaires correspondant respectivement à la pluralité de dents, une des deux palettes mécaniques bute contre une de ces dents avant que l'ancre ne puisse atteindre la position angulaire de dégagement de la cheville du côté de la seconde position de repos, comme ceci est représenté à la Figure 1B. Par 'position angulaire de dégagement' pour la cheville du résonateur mécanique, notamment un balancier-spiral, on comprend la position angulaire (de part et d'autre d'une position médiane définissant une position angulaire zéro pour l'ancre) à partir de laquelle la cheville peut se dégager, pour une raison ou une autre, de la fourchet-

te, c'est-à-dire sortir de la cavité formée par les deux cornes 19a et 19b sans buter contre une de ces cornes pour amener l'ancre justement jusqu'à cette position de dégagement qui intervient avant que l'ancre atteigne une ou l'autre de ses deux positions de repos. On remarquera que ce dernier fait résulte d'un angle de sécurité usuel prévu pour assurer que la cheville puisse correctement sortir de la fourchette sans subir un choc ou frottement terminal qui lui ferait perdre de l'énergie à chaque alternance et perturberait l'oscillation du résonateur mécanique.

[0024] Comme déjà indiqué, lorsque le ressort de barillet se détend, il arrive un moment où le mouvement horloger cesse de fonctionner normalement étant donné que le couple de force que le barillet peut fournir au rouage et à la roue d'échappement devient insuffisant pour assurer un tel fonctionnement normal. A un certain instant, comme représenté à la Figure 1A, la roue d'échappement 16 arrête finalement de tourner pas-à-pas et s'immobilise dans une certaine position angulaire θ , mais le résonateur mécanique est à cet instant-là toujours oscillant et peut même posséder une énergie mécanique sensiblement nominale et donc relativement importante, spécialement dans le cas d'un échappement 12 muni du système magnétique décrit précédemment. Comme mentionné au paragraphe précédent, en particulier dans le cas d'un échappement 12 muni du système magnétique, décrit précédemment, pour fournir des impulsions d'entretien magnétiques, la roue d'échappement 16 peut s'arrêter dans une quelconque position angulaire θ d'une pluralité de plages de positions angulaires, correspondant respectivement à la pluralité de dents 42, pour laquelle une des deux palettes mécaniques vient ensuite buter contre une de ces dents avant que l'ancre ne puisse atteindre la position angulaire de dégagement de la cheville, comme représenté à la Figure 1B. La Figure 1B montre un cas particulièrement défavorable où une partie d'extrémité 48 de la palette mécanique 29 subit un choc sur le sommet de la tête 43 d'une dent 42 contre laquelle cette palette mécanique vient buter. Dans un tel cas, la force totale exercée par l'ancre sur la dent 42 concernée est sensiblement radiale, dans un système de coordonnées polaires associé à la roue d'échappement, de sorte que la roue d'échappement n'est pas entraînée en rotation et subit un choc important.

[0025] On remarquera que le choc important en question ne concerne pas que l'instant auquel la palette mécanique et la dent entrent en contact, mais il s'agit d'une impulsion de force radiale qui a une certaine durée étant donné que ce choc a lieu alors que la cheville du résonateur oscillant est insérée entre les deux cornes 19a et 19b de la fourchette 18 et qu'une impulsion magnétique est fournie à l'ancre. Lors du choc susmentionné, l'impulsion de force radiale a plusieurs composantes, premièrement une composante provenant de l'inertie de l'ancre 14 en mouvement qui est stoppée; deuxièmement une composante principale du fait de l'énergie mécanique que emmagasinée dans le résonateur mécanique os-

cillant 2 qui est arrêté dans son oscillation alors que son énergie cinétique est quasi maximale, via le couplage entre la fourchette 18 et la cheville 10; et troisièmement une composante magnétique provenant du fait que le choc intervient alors qu'une impulsion magnétique est fournie à l'ancre (représentée par une flèche à la Figure 1B). Ainsi, il est probable que, lorsque la partie d'extrémité 48 de la palette mécanique 29 entre en contact avec la tête 43 d'une dent en butant contre cette tête, ce soit l'ancre 14 qui entraîne le résonateur mécanique 2 par sa corne 19b en appui contre la cheville 10, et seulement ensuite, après un très court intervalle de temps, cette cheville arrive en butée contre la corne 19a de la fourchette et subit alors une forte décélération due à l'arrêt prématuré de l'ancre dans son basculement.

[0026] Plus le freinage du résonateur mécanique lors du choc susmentionné est violent / a une forte intensité, plus la force F_{RO} exercée orthogonalement sur la corne 19a par le résonateur mécanique, et par construction de manière sensiblement tangentielle dans un système de coordonnées polaires associé à l'ancre, et la force F_{FR} de réaction de l'ancre, qui freine ce résonateur, sont fortes au début du choc (direction et sens de ces forces sont représentées à la Figure 1C). Ceci pose un problème majeur, raison pour laquelle l'ancre 14 est agencée et configurée pour pouvoir éviter une casse ou une détérioration d'elle-même, d'une partie de la roue d'échappement ou même d'une partie du résonateur mécanique lors d'un événement tel que montré aux Figures 1A à 1C. Pour diminuer l'intensité de la force exercée par la cheville du résonateur lors dudit choc important et donc éviter une contrainte instantanée trop violente, il est prévu une durée de choc relativement longue pour réduire l'intensité de la décélération. Ensuite, l'ancre est agencée pour pouvoir absorber élastiquement l'énergie que lui transmet le résonateur mécanique stoppé dans son oscillation.

[0027] A cet effet, l'ancre 14 est agencée de manière à pouvoir, lors d'un basculement au cours duquel intervient un choc décrit ci-avant, fléchir, dans un plan général de l'ancre parallèle à la fourchette 18 (c'est-à-dire parallèle, incluant confondu, à un plan général dans lequel les cornes de la fourchette s'étendent), en subissant une déformation élastique sous l'action d'une force F_{RO} exercée par la cheville 10, engagée dans la fourchette, sur une de ses deux cornes 19a, 19b alors que la palette mécanique concernée bute contre une dent et que le résonateur mécanique est freiné par l'ancre. De plus, cette ancre présente une capacité élastique, entre chacune des deux palettes mécaniques 18, respectivement 29 et la fourchette 18, lui permettant d'absorber élastiquement, lors de ladite déformation élastique, une énergie mécanique maximale que peut avoir le résonateur mécanique 2 lors du fonctionnement normal du mouvement horloger. On remarquera que cette capacité élastique présente une certaine marge de sécurité, car lors du choc il y a une certaine dissipation d'énergie notamment au niveau des paliers de la roue d'échappement,

du résonateur mécanique et de l'ancre, et aussi dans les diverses structures concernées, notamment le plateau 40. Toute casse ou détérioration de l'échappement et du résonateur mécanique peut ainsi être évitée. Par capacité élastique', on comprend une capacité d'absorption d'énergie élastique. Grâce aux caractéristiques de l'ancre selon l'invention, on évite un choc brutal et on permet une dissipation progressive de l'énergie mécanique du résonateur mécanique.

[0028] Lors d'un premier choc entre une palette mécanique et une dent de la roue d'échappement qui intervient dans la situation décrite précédemment, l'ancre subit une déformation élastique pour pouvoir absorber la majeure partie de l'énergie mécanique du résonateur mécanique, même si cette énergie mécanique correspond à une énergie nominale en fonctionnement normal du mouvement horloger. Dans la variante représentée, c'est la baguette 20 qui est agencée pour pouvoir absorber substantiellement ladite majeure partie de l'énergie mécanique du résonateur mécanique. Dans la variante représentée, la baguette est prévue courbe, notamment avec une forme générale en 'col de cygne'. D'autres formes sont envisageables, aussi une baguette sensiblement rectiligne. La configuration courbe présente un avantage par le fait qu'elle permet généralement d'augmenter la longueur de la baguette entre la partie de liaison 25 et la fourchette 18. La forme en 'col de cygne' permet une relativement grande longueur de la baguette, tout en ayant la fourchette relativement proche d'une des deux palettes mécaniques. Dans une configuration avec un positionnement relatif de l'axe central 4 du résonateur tel que représenté aux figures, l'homme du métier relierait la fourchette au plus court avec le bras 26, dans le prolongement de la palette mécanique 29. Ainsi, on aurait quasi aucune absorption d'énergie cinétique du résonateur oscillant.

[0029] Dans la variante particulière représentée, une ligne géométrique médiane de l'ancre 14 entre une surface d'extrémité (plan incliné terminal) de chacune des deux palettes mécaniques 28, 29 et la fourchette 18, présente une longueur totale, sur les deux tronçons 20a et 24a, respectivement 20a et 26a qui sont définis par la palette mécanique considérée ensemble avec le bras correspondant 24 ou 26 et par la baguette 20 (voir lignes en trait interrompu à la Figure 1A), qui est au moins le double d'une longueur d'une droite 52 entre un point de la ligne géométrique médiane 24a sur la surface d'extrémité la plus proche de la fourchette et le milieu du fond d'une cavité définie par les deux cornes de cette fourchette (voir Figure 1B). La capacité de déformation élastique peut être prévue sur toute la longueur totale définie ci-avant ou seulement sur des parties de cette longueur totale. Ainsi, dans une première variante, la baguette et les bras présentent une capacité de déformation élastique, laquelle peut être différente, alors que dans une deuxième variante, c'est substantiellement la baguette qui a cette capacité élastique. Dans une troisième variante, ce sont substantiellement les bras 24 et 26 qui

présentent une capacité élastique.

[0030] L'ancre doit donc présenter une capacité de déformation élastique et une capacité assez importante pour absorber de l'énergie élastique, ces capacités associées étant fonction de plusieurs paramètres que l'homme du métier saura sélectionner et déterminer pour obtenir les valeurs souhaitées. Comme on l'a mentionné, la forme peut jouer un rôle, ainsi que la longueur du chemin matériel entre les palettes mécaniques et la fourchette. D'autres paramètres jouent aussi un rôle, notamment le matériau sélectionné et les diverses sections transversales. On remarquera que la section transversale minimale de l'ancre joue aussi un rôle, laquelle ne doit pas être prévue trop petite en favorisant la flexibilité d'une portion de l'ancre au détriment de l'absorption d'énergie élastique. Dans le mode de réalisation principal décrit, des impulsions magnétiques pour l'entretien de l'oscillation du résonateur mécaniques sont générées au niveau des deux palettes mécaniques 28, 29 qui supportent respectivement deux aimants 30, 32 formant deux palettes magnétiques. Ainsi, l'ancre 14 est agencée de manière à pouvoir, lors d'un fonctionnement normal du mouvement horloger et donc de l'échappement, transmettre substantiellement un couple de force magnétique, engendré par chacune des impulsions magnétiques, à sa fourchette pour entretenir une oscillation du résonateur mécanique. On notera que cette condition peut aisément être implémentée du fait que la quantité d'énergie dans une impulsion magnétique est très inférieure à l'énergie mécanique que possède le résonateur mécanique 2 en fonctionnement normal.

[0031] Finalement, on décrira à l'aide des Figures 1B à 1F une succession d'événements intervenant à divers instants spécifiques pour un cas hypothétique où la roue d'échappement 16 s'arrête dans la position défavorable représentée à la Figures 1A et demeure dans cette position jusqu'à l'arrêt du résonateur mécanique 2. A la Figure 1B, comme indiqué précédemment, la cheville 10, après avoir pénétré dans la fourchette 18, bute contre la corne 19a alors que l'ancre est stoppée dans son mouvement de la position de repos où la fourchette est en appui contre la goupille 22 vers la position de repos où cette fourchette est prévue en appui contre la goupille 21. Lors du début du choc entre la palette mécanique et la dent, l'angle au centre de rotation de l'ancre entre la corne 19b et la goupille 22 a une certaine valeur α_1 . Le résonateur ayant à cet instant une énergie mécanique nominale et donc importante, essentiellement sous forme d'énergie cinétique, il presse ensuite contre la corne 19a en exerçant une force F_{RO} dégressive alors que l'ancre, ici surtout la baguette 20, fléchit en absorbant la majeure partie de l'énergie cinétique du résonateur sous forme d'énergie élastique. L'angle définit ci-avant s'agrandit donc, comme représenté à la Figure 1C où sa valeur α_2 est supérieure à la valeur α_1 , par exemple environ une valeur double, la Figure 1C montrant une configuration alors que le résonateur mécanique a perdu la majeure partie de sa vitesse (et donc de son énergie

cinétique). Ensuite, impérativement avant que la cheville 10 n'atteigne l'angle de dégagement qui lui permettrait de sortir de la fourchette, le résonateur mécanique passe par une position angulaire d'arrêt et une inversion prématurée du sens de son mouvement, comme montré à la Figure 1D où le résonateur tourne dans le sens antihoraire alors qu'il tournait auparavant dans le sens horaire. Sous l'action de l'ancre via la corne 19a, le résonateur récupère la majeure partie de l'énergie élastique emmagasinée dans l'ancre et il subit ainsi une accélération qui lui laisse une certaine amplitude d'oscillation, bien que moindre que celle qu'il présentait avant le choc. **[0032]** En se dégageant de la fourchette 18, propulsé par la baguette 20 de l'ancre 14, la cheville 10 peut alors sortir de la fourchette, comme montré à la Figure 1E. Ensuite, lors d'une alternance suivante, une nouvelle séquence, similaire à celle présentée en référence aux Figures 1A à 1E, intervient à nouveau. Toutefois, le résonateur mécanique 2 ayant perdu de l'énergie lors du premier choc, il engendrera alors une moindre flexion de l'ancre 14. L'oscillation du résonateur mécanique est ainsi amortie rapidement et il finit par s'arrêter, comme représenté à la Figure 1F, sans avoir endommagé le mouvement mécanique, en particulier l'échappement hybride.

Revendications

1. Mouvement horloger comprenant un résonateur mécanique (2) et un échappement (12) qui est associé à ce résonateur mécanique, l'échappement comprenant une roue d'échappement (16), qui présente une pluralité de parties saillantes (42), et une ancre (14) qui est séparée du résonateur mécanique et qui possède un unique axe géométrique de rotation ; le résonateur mécanique étant couplé à l'ancre de manière que, lorsque ce résonateur mécanique présente une oscillation entretenue, l'ancre subit un mouvement alternatif entre deux positions de repos dans lesquelles l'ancre demeure alternativement durant des intervalles de temps successifs ; dans lequel l'ancre comprend :

- un seul axe de pivotement (50) centré sur ledit unique axe géométrique de rotation,
- une partie de liaison rigide (25) à laquelle est fixé l'axe de pivotement,
- deux bras (24, 26) liés, à leurs premières extrémités, à la partie de liaison et présentant respectivement, à leurs secondes extrémités, deux palettes mécaniques (28, 29) qui sont chacune susceptibles d'entrer en contact avec une quelconque partie saillante parmi la pluralité de parties saillantes de la roue d'échappement et qui sont agencées pour coopérer avec ces parties saillantes au moins dans une phase de démarrage ou lors d'un fonctionnement normal du

mouvement horloger,

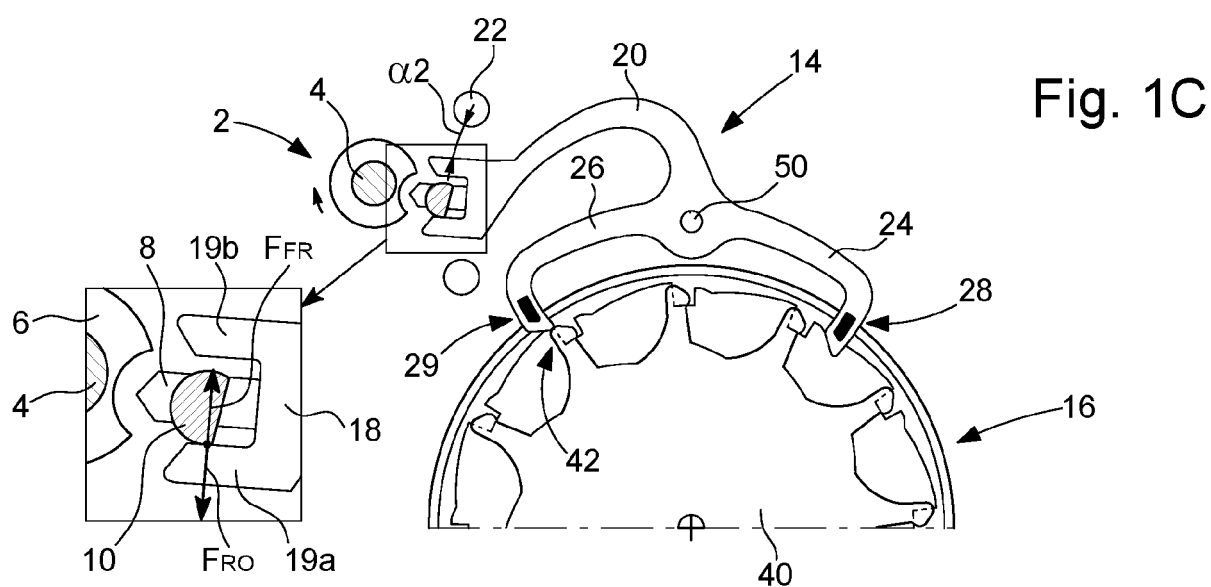
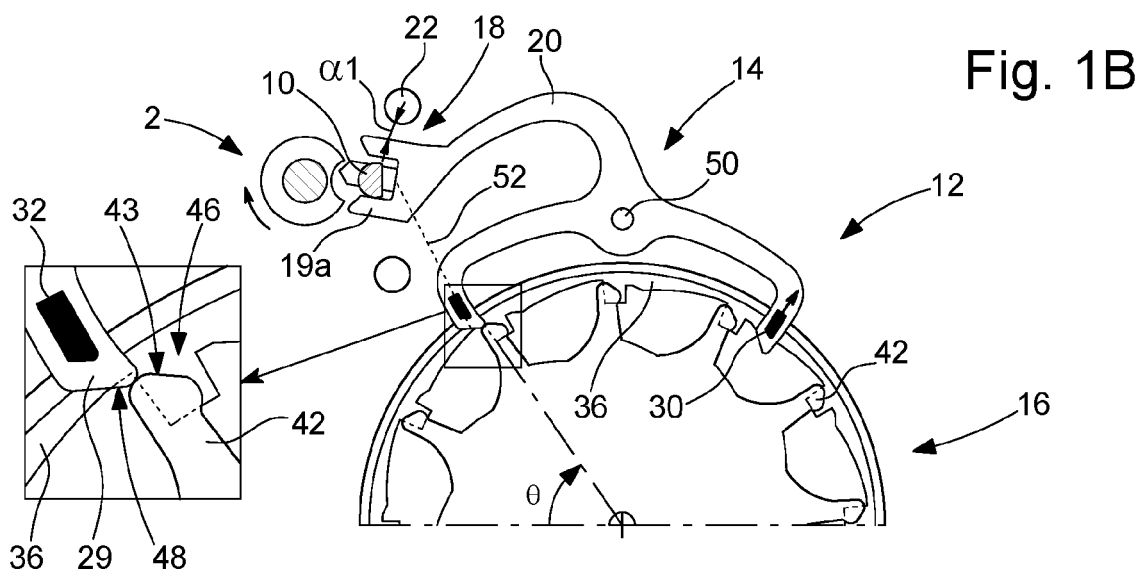
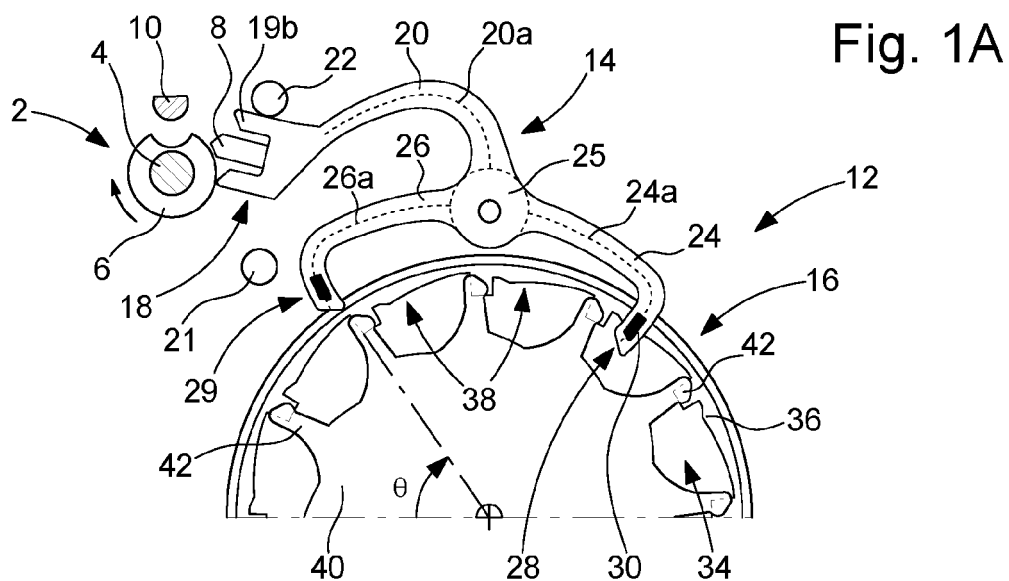
- une fourchette (18) ayant deux cornes (19a, 19b) et agencée pour coopérer avec le résonateur mécanique via une cheville (10) solidaire d'un axe (4) de ce résonateur mécanique, et
- une baguette (20) liée à sa première extrémité à ladite partie de liaison (25) et à sa seconde extrémité à la fourchette, cette baguette étant libre entre sa première extrémité et sa seconde extrémité ;

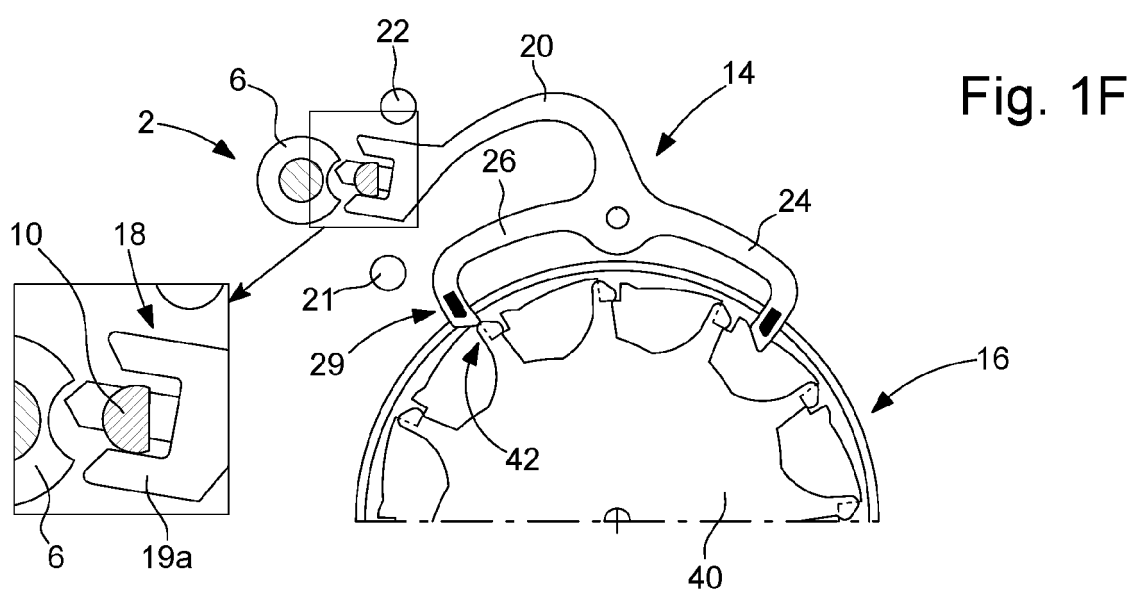
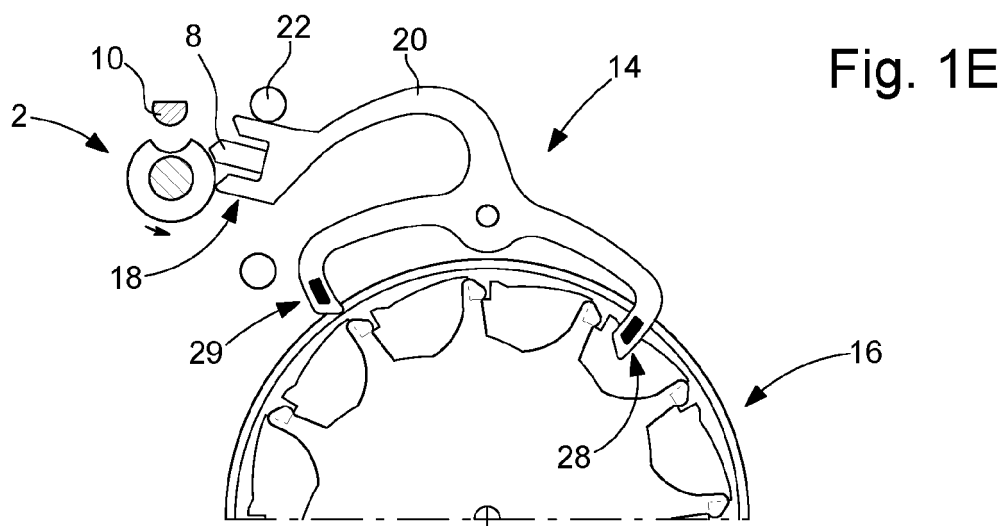
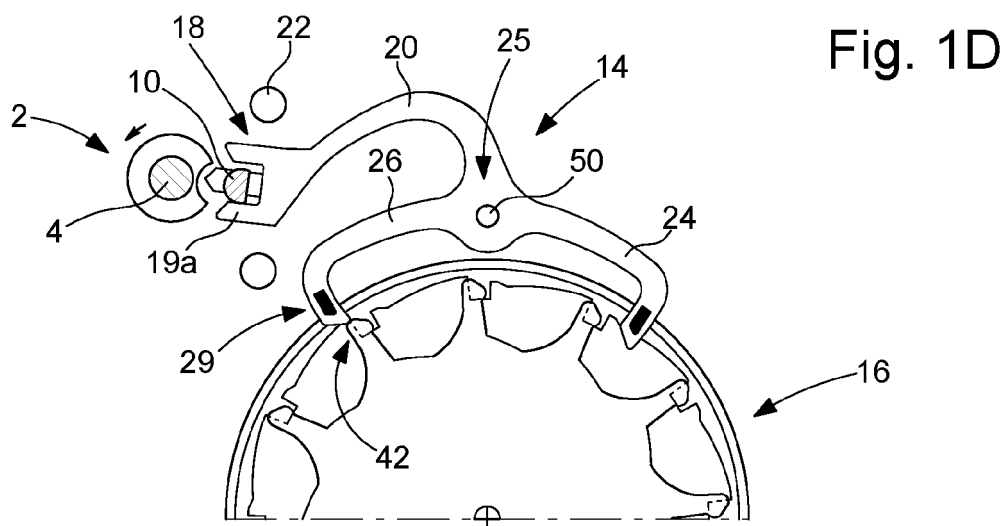
dans lequel, lors d'un basculement de l'ancre depuis une première de ses deux positions de repos en direction de la seconde position de repos alors que la roue d'échappement est positionnée dans une quelconque position angulaire θ d'une pluralité de plages de positions angulaires correspondant respectivement à ladite pluralité de parties saillantes, une des deux palettes mécaniques bute contre une de ces parties saillantes avant que l'ancre ne puisse atteindre une position angulaire de dégagement de la cheville du côté de la seconde position de repos ; dans lequel l'ancre est agencée de manière à pouvoir, lors dudit basculement de l'ancre, fléchir, dans un plan général de l'ancre parallèle à la fourchette, en subissant une déformation élastique sous l'action d'une force exercée par la cheville, engagée dans la fourchette, sur une des deux cornes de cette fourchette alors que ladite palette mécanique bute contre ladite partie saillante et que le résonateur mécanique est freiné par l'ancre ; cette ancre présentant une capacité élastique, entre chacune des deux palettes mécaniques et la fourchette, lui permettant d'absorber élastiquement, lors de ladite déformation élastique, une énergie mécanique maximale que peut avoir le résonateur mécanique lors du fonctionnement normal du mouvement horloger.

2. Mouvement horloger selon la revendication 1, dans lequel l'échappement ou un mécanisme d'entraînement de la roue d'échappement est agencé de manière que, en fonctionnement normal du mouvement horloger, la roue d'échappement (16) fournit à l'ancre des impulsions d'entretien d'une oscillation du résonateur mécanique (2) qui ont une énergie sensiblement constante tant que le mouvement horloger fonctionne normalement.
3. Mouvement horloger selon la revendication 2, dans lequel l'échappement comprend un système magnétique (30, 32, 36) couplant magnétiquement la roue d'échappement et l'ancre, ce système magnétique étant agencé de manière à générer, lors du fonctionnement normal du mouvement horloger, des impulsions magnétiques qui forment lesdites impulsions d'entretien à énergie constante.
4. Mouvement horloger selon la revendication 3, dans

lequel les parties saillantes (42) sont agencées de manière à permettre une absorption d'énergie cinétique de la roue d'échappement (16) par des chocs, entre ces parties saillantes alternativement avec les deux palettes mécaniques, respectivement en fin de pas successifs d'une rotation pas-à-pas de la roue d'échappement lors du fonctionnement normal du mouvement horloger.

5. Mouvement horloger selon la revendication 3 ou 4, dans lequel les parties saillantes (42) sont agencées de manière à permettre un auto-démarrage de l'ensemble formé du résonateur mécanique (2) et de l'échappement (12) lorsque le ressort de barillet est réarmé, suite à un arrêt du mouvement horloger, et que la roue d'échappement est à nouveau entraînée en rotation. 5 10
6. Mouvement horloger selon une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel lesdites impulsions magnétiques sont générées au niveau des deux palettes mécaniques (28, 29) qui supportent respectivement deux aimants (30, 32) formant deux palettes magnétiques ; et dans lequel l'ancre est agencée de manière à pouvoir, lors du fonctionnement normal du mouvement horloger, transmettre substantiellement un couple de force magnétique engendré par chacune des impulsions magnétiques à sa fourchette (18) pour entretenir une oscillation du résonateur mécanique. 20 25 30
7. Mouvement horloger selon une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ladite baguette (20) est courbe, notamment avec une forme générale en 'col de cygne'. 35
8. Mouvement horloger selon une quelconque des revendications précédentes, dans lequel une ligne géométrique médiane de l'ancre, entre une surface d'extrémité de chacune des deux palettes mécaniques et la fourchette, présente une longueur totale, sur deux tronçons (24a, 20a ; 26a, 20a) définis respectivement par la palette mécanique considérée (28, respectivement 29) ensemble avec le bras correspondant (24 ; 26) et par la baguette (20), qui est au moins le double d'une longueur d'une droite (52) entre un point de la ligne géométrique médiane sur ladite surface d'extrémité et le milieu du fond d'une cavité définie par les deux cornes de la fourchette. 40 45 50
9. Mouvement horloger selon une des revendications précédentes, dans lequel la partie de liaison (25), la baguette (20) et les deux bras (24, 26) sont formés par une pièce monobloc. 55
10. Mouvement horloger selon la revendication précédente, dans lequel ladite pièce monobloc est constituée d'un matériau métallique.







RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 20 16 4019

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)
A	CH 703 449 A2 (PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH]) 31 janvier 2012 (2012-01-31) * alinéa [0020]; figures 1-2 *	1-10	INV. G04B15/08 G04B15/14 G04B17/26
A	CH 703 476 A2 (ETA SA MFT HORLOGERE SUISSE [CH]) 31 janvier 2012 (2012-01-31) * alinéas [0006] - [0008]; figures 1-2 *	1	ADD. G04B17/20 G04B15/10
A	EP 2 400 352 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 28 décembre 2011 (2011-12-28) * alinéas [0005] - [0008], [0017] - [0020]; figure 2 *	1-3	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		2 novembre 2020	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 16 4019

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.

02-11-2020

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CH 703449 A2	31-01-2012	AUCUN	
CH 703476 A2	31-01-2012	AUCUN	
EP 2400352 A1	28-12-2011	CN 103026303 A	03-04-2013
		CN 105319939 A	10-02-2016
		EP 2400352 A1	28-12-2011
		EP 2585876 A1	01-05-2013
		HK 1219545 A1	07-04-2017
		JP 5657107 B2	21-01-2015
		JP 2013529779 A	22-07-2013
		US 2013148480 A1	13-06-2013
		WO 2011161193 A1	29-12-2011

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