



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 717 239 A2

(51) Int. Cl.: G04B 15/08 (2006.01)
G04C 5/00 (2006.01)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00321/20

(22) Date de dépôt: 18.03.2020

(43) Demande publiée: 30.09.2021

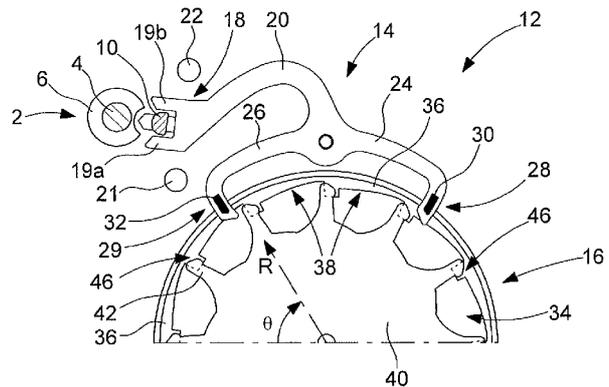
(71) Requéérant:
The Swatch Group Research and Development Ltd.,
Rue des Sors 3
2074 Marin (CH)

(72) Inventeur(s):
Gianni Di Domenico, 2000 Neuchâtel (CH)
Dominique Léchet, 2722 Les Reussilles (CH)
Marc Stranczl, 1260 Nyon (CH)
Benoît Légeret, 1024 Ecublens (CH)

(74) Mandataire:
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Mouvement horloger comprenant un échappement muni d'un système magnétique.**

(57) L'invention concerne un mouvement horloger comprenant un échappement (12) muni d'un système magnétique agencé pour pouvoir générer des impulsions de force magnétique, de manière à entretenir l'oscillation du résonateur mécanique (2) associé à cet échappement. Pour permettre un auto-démarrage efficace de l'ensemble formé du résonateur mécanique et de l'échappement lors d'un remontage du barillet, après un arrêt du mouvement horloger pour cause de ressort de barillet désarmé, la roue d'échappement (16) comprend préférentiellement des dents (42) et l'ancre (14) comprend préférentiellement deux palettes mécaniques (28, 29) qui sont agencées de manière à pouvoir recevoir, au démarrage, au moins une impulsion de force mécanique de la roue d'échappement via une de ses dents, cette impulsion de force mécanique engendrant un couple de force de démarrage sur l'ancre qui est transmis au balancier du résonateur mécanique pour débiter une oscillation de ce dernier et ainsi permettre audit ensemble de fonctionner normalement après une phase de démarrage.



Description

Domaine technique

[0001] L'invention est relative aux mouvements horlogers comprenant un échappement muni d'un système magnétique. Plus particulièrement, l'invention concerne un échappement muni d'un système de couplage magnétique entre une roue d'échappement et une ancre séparée du résonateur mécanique, cette ancre ayant un axe de rotation différent de celui du résonateur mécanique. Comme pour 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

[0002] Divers mouvements horlogers à échappement magnétique ont déjà été proposés dans des demandes de brevet. Concernant les échappements magnétiques comprenant une ancre séparée du résonateur mécanique, on peut citer le document EP 3 208 667, lequel décrit un échappement magnétique avec une ancre couplée mécaniquement au résonateur mécanique et magnétiquement à la roue d'échappement, cette dernière présentant deux pistes magnétiques annulaires formées par une structure aimantée plane et continue, laquelle définit des rampes d'énergie potentielle magnétique et des barrières magnétiques pour au moins une palette magnétique de l'ancre qui est agencée pour suivre alternativement des tronçons des deux pistes magnétiques, cette palette magnétique étant formée par un aimant.

[0003] Les échappements magnétiques présentent souvent un problème au démarrage. Lorsque le barillet est désarmé et que le mouvement horloger s'arrête, la roue d'échappement cesse d'être entraînée en rotation par le barillet et l'oscillation du résonateur mécanique est alors fortement amortie puis le résonateur mécanique s'arrête dans une position angulaire correspondant à sa position repos ou proche de celle-ci. En effet, la position d'arrêt du résonateur mécanique peut varier, dans une certaine zone angulaire, autour de sa position de repos en fonction de la position angulaire de la roue d'échappement à l'arrêt étant donné le couplage magnétique de cette dernière avec l'ancre. Cette zone angulaire est limitée par les deux positions d'arrêt de l'ancre contre deux goupilles de limitation de son mouvement alternatif, car la cheville du résonateur mécanique est située dans la fourchette de l'ancre lorsque ce résonateur est finalement immobile.

[0004] Au démarrage, lorsque la roue d'échappement recommence à tourner et à exercer un couple de force qui augmente au fur et à mesure que le barillet est remonté, il est fort probable, au vu du système magnétique prévu dans certains échappements magnétiques, notamment dans ceux décrits dans le document EP 3 208 667, que l'échappement ne soit pas auto-démarrant. Comme le résonateur mécanique n'oscille pas encore, il ne peut donc pas effectuer sa fonction de dégagement de l'ancre pour l'entraîner dans un mouvement alternatif, de sorte que l'échappement n'est pas en mesure de fournir suffisamment d'énergie au résonateur mécanique pour qu'une oscillation normale de ce dernier soit établie. De plus, selon le système magnétique prévu, il est possible que l'ancre et la roue d'échappement se bloquent mutuellement par une force magnétique de répulsion à certaines positions angulaires de la roue d'échappement, du fait que le résonateur mécanique n'oscille pas ou pas encore normalement. Ainsi, il est nécessaire de trouver une solution pour assurer un démarrage efficace d'un échappement muni d'un système magnétique lors d'un remontage du barillet après que le mouvement horloger ait été à l'arrêt.

Résumé de l'invention

[0005] De manière générale, l'invention concerne un mouvement horloger comprenant un résonateur mécanique et un échappement associé qui comprend une roue d'échappement ayant un premier axe de rotation et une ancre séparée du résonateur mécanique et ayant un deuxième axe de rotation qui est différent de celui du résonateur mécanique. Le résonateur mécanique est couplé à l'ancre de manière que, lorsque ce résonateur mécanique présente une oscillation, l'ancre subit un mouvement alternatif entre deux positions de repos dans lesquelles elle demeure alternativement durant des intervalles de temps successifs. L'ancre comprend au moins une palette magnétique formée d'un aimant et la roue d'échappement comprend une structure aimantée périodique qui définit une pluralité de rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique pour ladite palette magnétique, chacune de ces rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique étant prévue de sorte que ladite palette magnétique peut la gravir lorsque l'ancre est dans une position de repos correspondante parmi les deux positions de repos et qu'un couple de force fourni à la roue d'échappement est égal à un couple de force nominale ou compris dans une plage de valeurs qui est prévue pour un fonctionnement normal du mouvement horloger. Ladite palette magnétique et la structure aimantée périodique sont agencées de manière que l'ancre subit une impulsion de force magnétique dans le sens de son mouvement alternatif, après que ladite palette magnétique a gravi une quelconque desdites rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique, lorsque l'ancre bascule d'une des deux positions de repos ayant permis à cette palette magnétique de gravir ladite quelconque rampe croissante d'énergie potentielle magnétique vers l'autre position de repos.

[0006] Pour pallier les inconvénients mentionnés précédemment et assurer un auto-démarrage efficace et rapide d'un échappement muni d'un système magnétique prévu pour fournir des impulsions de force magnétique au résonateur mécanique via l'ancre, la roue d'échappement comprend au moins une première partie distante du premier axe de rotation et l'ancre comprend au moins une deuxième partie distante du deuxième axe de rotation. Ensuite, lorsque le résonateur

mécanique est en repos, l'ancre présente pour toute position angulaire θ de la roue d'échappement à l'arrêt une position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ qui dépend de cette position angulaire θ . Selon l'invention, pour toute position angulaire θ d'au moins une plage de positions angulaires de la roue d'échappement, les première et deuxième parties distantes sont en contact l'une avec l'autre alors que le résonateur mécanique est en repos et l'ancre est dans la position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ correspondante, les première et deuxième parties distantes étant agencées de manière que la position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ de l'ancre est, sur au moins une partie de chaque plage de positions angulaires parmi ladite au moins une plage de positions angulaires, une fonction monotone de la position angulaire θ de la roue d'échappement qui s'éloigne d'une position médiane de l'ancre avec une variation de ladite position angulaire θ dans le sens de rotation prévu pour la roue d'échappement, cette position médiane définissant une position angulaire zéro pour l'ancre à égale distance angulaire de ses deux positions de repos. De plus, une valeur absolue maximale AM_E de la position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ de l'ancre sur ladite au moins une plage angulaire est strictement inférieure à une valeur angulaire absolue β_{Max} des deux positions de repos.

[0007] Selon un premier mode de réalisation particulier, chaque première partie distante parmi ladite au moins une première partie distante présente, dans un système de coordonnées polaires perpendiculaire audit premier axe de rotation et centré sur celui-ci, une première surface inclinée de manière que chacune de ladite au moins une deuxième partie distante peut glisser sur au moins une partie de cette première surface inclinée alors que la roue d'échappement traverse une plage de positions angulaires correspondante parmi ladite au moins une plage de positions angulaires et que l'ancre suit angulairement une courbe définie par les positions angulaires d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ correspondantes.

[0008] Selon un deuxième mode de réalisation particulier, lequel peut être combiné au premier mode de réalisation particulier, chaque deuxième partie distante parmi ladite au moins une deuxième partie distante présente, dans le système de coordonnées polaires susmentionné, une deuxième surface inclinée lorsque l'ancre est dans une quelconque position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ correspondant à une quelconque position angulaire d'une plage de positions angulaires, parmi ladite au moins une plage de positions angulaires, dans laquelle cette deuxième partie distante est en contact avec une première partie distante parmi ladite au moins une première partie distante, la deuxième surface inclinée étant configurée de manière que chaque première partie distante parmi ladite au moins une première partie distante peut glisser sur au moins une partie de cette deuxième surface inclinée alors que la roue d'échappement traverse une plage de positions angulaires, parmi ladite au moins une plage de positions angulaires, qui est relative aux première et deuxième parties distantes considérées et que l'ancre suit angulairement une courbe définie par les positions angulaires d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ correspondantes.

[0009] Selon un mode de réalisation général, ladite au moins une deuxième partie distante de l'ancre est formée par deux palettes mécaniques et la roue d'échappement comprend une pluralité de parties distantes constituant ladite au moins une première partie distante, cette pluralité de parties distantes étant associées respectivement à ladite pluralité de rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique. Ensuite, les deux palettes mécaniques sont respectivement associées à deux palettes magnétiques formées par deux aimants agencés de manière à être chacun au moins périodiquement couplés magnétiquement, en répulsion, avec la structure aimantée périodique de la roue d'échappement. Dans une variante principale, la pluralité de parties distantes est formée par une pluralité de dents et les deux palettes mécaniques sont configurées de manière à former, en fonctionnement normal du mouvement mécanique, des butées mécaniques pour cette pluralité de dents, de sorte à améliorer le fonctionnement de l'échappement ou à permettre une rotation pas-à-pas de la roue d'échappement qui soit synchronisée sur le mouvement alternatif de l'ancre et donc sur l'oscillation du résonateur mécanique.

[0010] Dans une variante perfectionnée du mode de réalisation général, l'ancre et la roue d'échappement sont agencées de manière que, lorsque l'ancre présente ledit mouvement alternatif et le couple de force fourni à la roue d'échappement est égal audit couple de force nominale ou compris dans au moins une partie supérieure de ladite plage de valeurs prévues en fonctionnement normal et après qu'une des deux palettes magnétiques a gravi une quelconque desdites rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique suite à un basculement de l'ancre dans sa position de repos correspondante, la dent de la roue d'échappement associée à ladite quelconque desdites rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique subit au moins un premier choc sur une des deux palettes mécaniques de l'ancre. Ce premier choc empêche momentanément la rotation de la roue d'échappement au-delà d'une position angulaire de butée, définie par ladite première ou deuxième palette mécanique, avant un prochain basculement de l'ancre et il intervient de manière à dissiper au moins partiellement une énergie cinétique de la roue d'échappement acquise suite audit basculement. Dans une variante préférée, l'échappement est agencé de sorte que, suite au premier choc et avant le prochain basculement de l'ancre, la roue d'échappement s'immobilise momentanément.

Brève description des figures

[0011] 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 1I montrent partiellement un mouvement horloger, selon un mode de réalisation de l'invention, avec un échappement hybride, configuré pour assurer un auto-démarrage de l'échappement, dans des positions successives ;

- La figure 2 représente schématiquement le parcours angulaire périodique $\beta(\theta)$ de l'ancre de l'échappement hybride de la Figure 1A en fonction de la position angulaire θ de la roue d'échappement lorsque le mouvement horloger en en fonctionnement normal et lorsque le résonateur mécanique est en repos et la roue d'échappement à l'arrêt.

Description détaillée de l'invention

[0012] A l'aide des Figures on décrira ci-après un mode de réalisation 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'axe de rotation est différent de celui de ce résonateur mécanique.

[0013] 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.

[0014] 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). La structure 36 présente des portions aimantées 38 globalement circulaires définissant des rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique pour les deux palettes magnétiques 30, 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 38 présente une largeur monotone croissante. En particulier, la largeur des portions aimantées 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 38 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.

[0015] De manière générale, chaque rampe croissante d'énergie potentielle magnétique est prévue de sorte que chacune des deux palettes magnétiques puisse la gravir 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 gravies, 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 lorsque 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 des dites 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. La courbe 52 représentée à la Figure 2 donne la position angulaire $\beta_{FN}(\theta)$ de l'ancre, en fonctionnement normal du mouvement horloger, en fonction de la position angulaire θ de la roue d'échappement. Les tronçons horizontaux de la courbe 52 correspondent à l'ancre 14 dans l'une ou l'autre de ses deux positions de repos (positions angulaires $\pm \beta_{Mmax}$) et les flancs montants et descendants correspondent aux basculements alternatifs de cette ancre, entre ses deux positions de repos, au cours desquels l'ancre subit successivement des impulsions de force magnétique, ce qui lui permet de fournir des impulsions d'entretien au résonateur mécanique via la fourchette 18.

[0016] La structure aimantée périodique 36 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. Chaque plage aimantée / barrière magnétique est agencée de manière à exercer un couple de force magnétique sur la roue d'échappement 16, ayant un sens contraire à celui dudit couple de force fourni à cette roue d'échappement, lorsque cette roue d'échappement est dans une position angulaire d'équilibre des forces qui s'exercent sur elle alors qu'une ou l'autre des deux palettes magnétiques est située en haut de la rampe d'énergie potentielle magnétique / à l'extrémité la plus large de la portion aimantée 38 qui précède la barrière magnétique / la plage aimantée 46 considérée. L'agencement des barrières magnétiques est prévu de sorte

que le couple de force magnétique qui s'exerce sur la roue d'échappement dans chaque position angulaire d'équilibre des forces est supérieur à un couple de force magnétique maximal engendré par la rampe d'énergie potentielle magnétique / la portion aimantée 38 précédant la barrière magnétique considérée avant que la roue d'échappement atteigne la position angulaire d'équilibre des forces.

[0017] 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 42 sont agencées pour coopérer au démarrage avec les palettes mécaniques 28 et 29, comme ceci sera exposé plus en détails par la suite. Les dents et les palettes mécaniques sont formées par un matériau amagnétique.

[0018] Dans la variante avantageuse représentée, les dents 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.

[0019] Avant de décrire plus en détails l'objet principal de la présente invention, on décrira des caractéristiques particulières de l'échappement du mode de réalisation avantageux considéré, qui permettent d'améliorer son fonctionnement normal (c'est-à-dire un fonctionnement stable, intervenant après une phase de démarrage, avec un couple de force M_{RE} fourni à la roue d'échappement sensiblement qui est 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). 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 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.

[0020] Dans le cas d'un mouvement horloger mécanique classique, à savoir sans système d'entraînement de la roue d'échappement à force constante, il est prévu que, pour toute la plage de valeurs PV_M du couple de force M_{RE} fourni à la roue d'échappement en fonctionnement normal, au moins un premier choc entre une quelconque des dents 42 de la roue d'échappement et une quelconque palette mécanique de l'ancre intervient après que la palette magnétique correspondante a gravi une des rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique associée à cette palette magnétique correspondante et à la dent ayant subi ledit au moins un premier choc.

[0021] Dans une variante principale, l'échappement est agencé de manière que, suite audit au moins un premier choc d'une quelconque des deux palettes mécaniques contre une quelconque des dents de la roue d'échappement, ce premier choc stoppant momentanément la rotation de la roue d'échappement au-delà d'une position angulaire de butée, et avant un prochain basculement de l'ancre, la roue d'échappement s'immobilise dans une position angulaire d'arrêt qui correspond par définition à une position d'équilibre des forces en présence.

[0022] 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 mécanique 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. Pour un mouvement classique, il est donc 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.

[0023] Dans une variante générale, pour au moins une partie supérieure de ladite plage de valeurs PV_M dudit couple de force M_{RE} fourni à la roue d'échappement en fonctionnement normal, au moins un premier choc entre une quelconque des dents de la roue d'échappement et une quelconque palette mécanique de l'ancre intervient après que la palette magnétique correspondante a gravi une des rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique associée à cette palette magnétique correspondante et à la dent concernée. Dans une variante particulière de la variante générale, lorsque le couple de force M_{RE} présente une valeur dans au moins une zone supérieure de ladite partie supérieure de la plage de

valeurs PV_M , il est prévu que la dent ayant subi ledit au moins un premier choc presse, une fois momentanément immobile dans la position angulaire d'arrêt correspondante, contre la palette mécanique sur laquelle elle a buté.

[0024] Par la suite, on décrira plus précisément l'objet de l'invention. De manière générale, la roue d'échappement comprend au moins une première partie distante relativement à son axe de rotation, et l'ancre comprend au moins une deuxième partie distante relativement à son axe de rotation. Dans le mode de réalisation représenté, la roue d'échappement comprend une pluralité de premières parties distantes qui sont formées par les dents 42, et l'ancre comprend deux deuxièmes parties distantes formées respectivement par les première et deuxième palettes mécaniques 28, 29. Lorsque le mouvement horloger est à l'arrêt par suite du ressort de barillet désarmé, la roue d'échappement 16 est aussi à l'arrêt et le résonateur mécanique 2 est rapidement en repos (c'est-à-dire qu'il est non oscillant et ne présente aucune énergie cinétique). Ensuite, l'ancre 14 est pour toute position angulaire θ (position angulaire d'arrêt) de la roue d'échappement 16 dans une position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ correspondante qui dépend de cette position angulaire. De manière générale, lorsque le résonateur mécanique est en repos, il n'est pas nécessairement situé dans sa position de repos (position d'énergie mécanique minimale avec le spiral détendu), car l'ancre peut exercer sur lui une certaine force, du fait du système magnétique de l'échappement et/ou du dispositif mécanique qui est prévu dans le cadre de l'invention, et le déplacer dans des positions angulaires où le spiral de ce résonateur mécanique est alors légèrement tendu et exerce donc une petite force de rappel. Dans un tel cas, une position d'équilibre est déterminée généralement pour l'ensemble constitué de l'échappement et du résonateur mécanique pour chaque position angulaire θ de la roue d'échappement, et une position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ est déterminée pour l'ancre. La courbe 50 à la Figure 2, donnant la position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ de l'ancre 14 en fonction de la position angulaire θ de la roue d'échappement 16, présente des tronçons sensiblement horizontaux à une position médiane, définissant une position angulaire zéro pour l'ancre 14, à égale distance angulaire des deux positions de repos de cette ancre qui correspondent aux deux valeurs angulaires extrêmes $\pm \beta_{Max}$ pour le mouvement alternatif de l'ancre. Lorsque l'ancre 14 est dans la position médiane '0', le résonateur mécanique 2 est dans sa position de repos, de sorte que son balancier n'est alors soumis à aucune force de rappel de la part du spiral. De manière générale, dans ce dernier cas, on notera qu'il peut y avoir une certaine incertitude sur la position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ de l'ancre à proximité de la valeur médiane ou à cette valeur médiane, mais cette incertitude (ou zone angulaire d'équilibre possible) est très petite, de l'ordre du jeu de la cheville 10 entre les deux cornes 19a et 19b de la fourchette 18 de l'ancre. Toutefois, ceci n'est pas le cas dans le mode de réalisation représenté, car le système magnétique de l'échappement 12 maintient l'ancre sensiblement dans la position angulaire '0' en l'absence de force exercée sur l'ancre par le résonateur mécanique immobile dans sa position de repos.

[0025] Lorsque le barillet du mouvement horloger est désarmé (c'est-à-dire que le ressort de ce barillet est détendu de sorte que le couple de force qu'il fournit à la roue d'échappement ne permet plus son entraînement), la roue d'échappement s'arrête dans une quelconque position angulaire θ et, après une période d'amortissement de l'oscillation du résonateur mécanique 2, ce dernier est en repos et l'ancre est dans la position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ correspondante. Dans cette situation, il est prévu des plages de positions angulaires PC_{P1} et PC_{P2} de la roue d'échappement 16 dans lesquelles les première et deuxième palettes mécaniques 28 et 29 sont respectivement en contact avec une dent correspondante parmi la pluralité de dents 42 de la roue d'échappement. Ensuite, les dents 42 et les deux palettes mécaniques 28, 29 sont agencées de manière que la position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ de l'ancre 14 est, sur au moins une première partie de chacune des plages de positions angulaires PC_{P1} et PC_{P2} , une fonction monotone de la position angulaire θ de la roue d'échappement qui s'éloigne de la position médiane '0' de l'ancre avec une variation de cette position angulaire θ dans le sens de rotation prévu pour la roue d'échappement, comme montré à la Figure 2. De plus, il est prévu une valeur absolue maximale AM_E pour la position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ de l'ancre sur les plages de positions angulaires PC_{P1} et PC_{P2} qui est strictement inférieure à une valeur angulaire absolue β_{Max} des deux positions de repos de l'ancre, comme aussi montré à la Figure 2.

[0026] Grâce aux caractéristiques susmentionnées, lors d'un nouvel armage du ressort de barillet permettant à la roue d'échappement 16 de se remettre à tourner dans le sens de rotation prévu (sens horaire aux Figures 1A à 11), au moins une des deux palettes mécaniques 28, 29 entre en contact avec une dent 42 de la roue d'échappement qui peut ainsi fournir à l'ancre 14 un couple de force mécanique de démarrage et donc une impulsion mécanique de démarrage. Ainsi, un auto-démarrage rapide de l'échappement 12 et donc du mouvement mécanique horloger est rendu possible.

[0027] En particulier, la roue d'échappement 16 et l'ancre 14 sont agencées de manière que, lorsque la roue d'échappement commence à tourner, dans une phase de démarrage, depuis une quelconque position angulaire en étant soumise à un couple de démarrage inférieur ou égal au couple de force prévu en fonctionnement normal, elle ne rencontre aucune butée d'origine magnétique ou mécanique qui soit susceptible de l'arrêter avant que cette roue d'échappement atteigne une prochaine plage de positions angulaires PC_{P1} ou PC_{P2} , en particulier ladite au moins une première partie de cette prochaine plage de positions angulaires présentant ladite fonction monotone. De plus, les dents 42 et les palettes mécaniques 28, 29 sont configurées de sorte que, dans ladite prochaine plage de positions angulaires, la roue d'échappement 16 soumise audit couple de démarrage ne soit pas arrêtée par le contact entre la dent et la palette mécanique concernées mais que la dent concernée puisse transmettre au moins en majeure partie ledit couple de démarrage à l'ancre. On remarquera que la variante représentée est particulière par le fait du système magnétique particulier de l'échappement. En effet, en l'absence de dents 42, la position angulaire d'équilibre de l'ancre resterait sensiblement à zéro sur une période magnétique P_{RE} de la roue d'échappement, et donc sur un tour complet de cette roue d'échappement. Dans ces conditions,

on comprend qu'aucun démarrage du résonateur mécanique et de l'échappement associé ne saurait avoir lieu sans que des moyens spécifiques à cet effet soient prévus, pour permettre au résonateur mécanique d'être à nouveau activé et à l'ancre de présenter un mouvement alternatif résultant.

[0028] Dans une première variante avantageuse, représentée aux Figures 1A à 1C, 1E et 1G, chacune des dents 42 présente, dans un système de coordonnées polaires R, θ (voir Figures 1A à 11) perpendiculaire à l'axe de rotation de la roue d'échappement 16 et centré sur celui-ci, une première surface inclinée Sl_1 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, parmi les plages de positions angulaires PC_{P1} ou PC_{P2} , et que l'ancre 14 suit au moins partiellement une portion de la courbe 50, qui est définie par les positions angulaires d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$, correspondant à cette plage de positions angulaires. Par 'surface inclinée' dans un système de coordonnées polaires, on comprend une surface qui n'est ni radiale, ni tangentielle.

[0029] Dans une deuxième variante avantageuse, également représentée aux Figures 1A à 1C, 1E et 1G, chacune des deux palettes mécaniques de l'ancre présente, dans le système de coordonnées polaires R, θ associé à la roue d'échappement, une deuxième surface inclinée Sl_2 lorsque l'ancre est dans une quelconque position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ correspondant à une quelconque position angulaire θ d'une plage de positions angulaires, parmi les plages de positions angulaires PC_{P1} et PC_{P2} , dans laquelle la palette mécanique considérée est en contact avec une des dents 42 de la roue d'échappement. La deuxième surface inclinée Sl_2 est configurée de manière que chacune des dents 42 peut, dans une phase de démarrage, glisser sur cette deuxième surface inclinée alors que la roue d'échappement traverse une plage de positions angulaires θ , parmi les plages de positions angulaires PC_{P1} et PC_{P2} , qui est relative à la dent et la palette mécanique considérées, et que l'ancre 14 suit au moins partiellement une portion de la courbe 50, qui est définie par les positions angulaires d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$, correspondant à ladite plage de positions angulaires.

[0030] En référence aux Figures 1A à 11, on décrira finalement ci-après une séquence de démarrage / phase de démarrage d'un échappement hybride 12 selon l'invention. Ces Figures 1A à 11 montrent une série d'événements successifs intervenant au démarrage de l'ensemble formé du résonateur mécanique 2 et de l'échappement 12 lors d'un remontage du barillet du mouvement horloger incorporant cet ensemble, après un arrêt du mouvement horloger pour cause de son ressort de barillet désarmé. A la Figure 1A, le mouvement horloger est à l'arrêt, le résonateur mécanique en repos et l'ancre dans une position angulaire d'équilibre correspondante, laquelle est la position médiane de l'ancre qui définit sa position angulaire zéro. Cette position angulaire d'équilibre égale à '0' (Figure 2), en l'absence de contact avec une dent 42, résulte du fait que les palettes magnétiques 30, 32 sont partiellement superposées aux portions aimantées 38 de la structure aimantée périodique 36, chacune dans une position correspondant à une force magnétique radiale qui est positive dans le système de coordonnées polaires associé à la roue d'échappement, ce qui engendre sur l'ancre deux couples de force magnétique opposés qui se compensent.

[0031] A la Figure 1B, au démarrage, le mécanisme d'entraînement de la roue d'échappement 16 applique un couple de force à cette roue d'échappement, lui permettant de se remettre à tourner dans le sens horaire prévu, et une dent 42 entre alors en contact avec la palette mécanique 28 (événement représenté à la Figure 1B), de manière à engendrer sur cette palette mécanique une force tangentielle F_{TD} dans un système de coordonnées polaires r, β associé à l'ancre 14, c'est-à-dire perpendiculaire à l'axe de rotation de cette ancre et centré sur celui-ci. En particulier, cette force tangentielle F_{TD} est obtenue par le fait que le point de contact initial entre la dent et la palette mécanique est situé sur au moins une des deux surfaces inclinées Sl_1 et Sl_2 (voir Figure 1C) que présentent respectivement la dent 42 et la palette mécanique 28 dans le système de coordonnées polaires qui est associé à la roue d'échappement. La roue d'échappement continuant de tourner grâce au couple de démarrage qui lui est appliqué, la partie d'extrémité arrondie de la dent glisse alors sur la surface inclinée Sl_2 de la palette mécanique 28 (inclinée dans le système de coordonnées polaires associé à la roue d'échappement) jusqu'à ce que le point de contact se situe sensiblement au bas de cette surface inclinée Sl_2 (événement représenté à la Figure 1C), la dent 42 exerçant une force tangentielle F_{TD} durant toute la rotation de la roue d'échappement entre la Figure 1B et la Figure 1C, et ainsi un couple de démarrage sur l'ancre 14, laquelle transmet au moins en majeure partie le couple de démarrage au résonateur mécanique 2 via une corne de la fourchette 18. Le résonateur mécanique reçoit ainsi une première impulsion mécanique de démarrage lui permettant d'être à nouveau activé, en débutant une oscillation. Dans une variante particulière, les surfaces inclinées Sl_1 et Sl_2 sont des plans inclinés. On remarquera que, au démarrage lors du contact entre une dent et une palette mécanique, il est avantageux d'avoir, comme représenté, une barrière magnétique 46 en superposition aux surfaces inclinées Sl_1 et Sl_2 correspondantes afin de pouvoir produire une certaine force de répulsion magnétique sur l'aimant associé à la palette mécanique en contact avec la dent. Cette force de répulsion magnétique réduit la force de contact entre la dent et la palette mécanique et donc le frottement lors du glissement de l'une sur l'autre, lequel s'oppose à la rotation de la roue d'échappement et donc au démarrage. Cette configuration particulière facilite l'auto-démarrage qui peut ainsi se produire pour une plus grande gamme de couple appliqué à la roue d'échappement.

[0032] Dans une autre variante, similaire à la variante représentée mais avec une ancre ayant des palettes mécaniques plus longues, lors de la phase de démarrage, le coin intérieur de la palette mécanique 28, respectivement le coin extérieur de la palette mécanique 29 commence par glisser, lorsque la roue d'échappement tourne dans le sens horaire, sur la surface inclinée Sl_1 de la dent et ensuite seulement c'est la partie d'extrémité arrondie de la dent qui glisse sur la surface inclinée Sl_2 de la palette mécanique, comme exposé ci-avant. On comprend donc le bénéfice à avoir une configuration

de l'échappement avec les deux surfaces inclinées Sl_1 et Sl_2 , telles que représentées, où la surface inclinée Sl_1 présente une pente légèrement plus forte que celle de la surface inclinée Sl_2 alors qu'une dent et une palette mécanique sont en contact lors de la phase de démarrage de l'ensemble formé de l'échappement et du résonateur mécanique. Dans les variantes avantageuses susmentionnées, lors de la phase de démarrage, il est prévu que chaque zone angulaire de contact correspond à des points de contact sur l'un et/ou l'autre des deux plans inclinés Sl_1 et Sl_2 . Dans une variante générale, seules les dents ou les deux palettes présentent chacune une surface inclinée alors que respectivement les deux palettes ou les dents présentent chacune une partie saillante configurée de manière à pouvoir glisser au démarrage le long de chacune desdites surfaces inclinées dans les zones angulaires de contact respectives. Pour l'ancre, dans le système de coordonnées polaires qui lui est associé, les zones angulaires de contact au démarrage, à savoir les zones de positions angulaires $\beta(\theta)$ sur lesquelles il y a contact au démarrage, sont données sensiblement par la courbe 50 des positions angulaires d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$, définies précédemment, sur les zones angulaires de contact respectives pour la roue d'échappement (Figure 2).

[0033] A la Figure 1D, on peut voir la faible amplitude d'une première alternance de l'oscillation du résonateur mécanique 2 et l'ancre 14 dans une de ses deux positions de repos. Ensuite, à la Figure 1E, alors que la cheville 10 est à nouveau dans la fourchette 18 de l'ancre, une nouvelle impulsion mécanique, appliquée à l'ancre et transmise au balancier du résonateur mécanique via la fourchette 18 et la cheville 10 solidaire du balancier, est engendrée par un contact entre la palette mécanique 29 et une dent 42. Plus précisément, l'extrémité de la dent vient buter contre la surface inclinée Sl_2 de la palette mécanique 29 et glisse éventuellement sur une portion de cette surface inclinée, engendrant l'impulsion mécanique qui vient en complément à une première impulsion magnétique de démarrage qui est engendrée par le système magnétique de l'échappement. Une certaine énergie est ainsi transmise à nouveau au résonateur mécanique 2 dont l'oscillation augmente en amplitude alors que la roue d'échappement tourne un peu plus vite. Il en résulte qu'une dent arrive alors en butée contre une surface de butée de la palette mécanique 28 alors que la palette magnétique correspondante a pu gravir entièrement une rampe d'énergie potentielle magnétique 38, comme représenté à la Figure 1F. Dès lors le système mécanique d'auto-démarrage peut cesser d'être actif et laisser le système magnétique de l'échappement couplé au balancier du résonateur mécanique engendrer des impulsions de force magnétique pour entretenir l'oscillation du résonateur mécanique.

[0034] A la Figure 1G, on voit l'échappement fournir une première impulsion d'entretien entièrement magnétique, aucune dent ne venant contacter la surface inclinée de la palette mécanique 28, étant donné que le basculement de l'ancre est devenu plus rapide que lors de l'alternance précédente. Les Figures 1H et 1I montrent l'ensemble formé du résonateur mécanique 2 et de l'échappement 12 dans une courte phase transitoire avant l'apparition d'une phase de fonctionnement stationnaire correspondant au fonctionnement normal du mouvement horloger dont le ressort de barillet a été réarmé.

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) ayant un premier axe de rotation et une ancre (14) séparée du résonateur mécanique et ayant un deuxième axe de rotation qui est différent de celui du résonateur mécanique ; le résonateur mécanique étant couplé à l'ancre de manière que, lorsque ce résonateur mécanique présente une oscillation, l'ancre subit un mouvement alternatif entre deux positions de repos dans lesquelles l'ancre demeure alternativement durant des intervalles de temps successifs ; l'ancre comprenant au moins une palette magnétique formée d'un aimant (30, 32) et la roue d'échappement comprenant une structure aimantée périodique (36) qui définit une pluralité de rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique (38) pour ladite palette magnétique, chacune de ces rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique étant prévue de sorte que ladite palette magnétique peut la gravir lorsque l'ancre est dans une position de repos correspondante parmi les deux positions de repos et qu'un couple de force fourni à la roue d'échappement est égal à un couple de force nominale ou compris dans une plage de valeurs qui est prévue pour un fonctionnement normal du mouvement horloger, ladite palette magnétique et la structure aimantée périodique étant agencées de manière que l'ancre subit une impulsion de force magnétique dans le sens de son mouvement alternatif, après que ladite palette magnétique a gravi une quelconque desdites rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique, lorsque l'ancre bascule d'une des deux positions de repos ayant permis à cette palette magnétique de gravir ladite quelconque rampe croissante d'énergie potentielle magnétique vers l'autre position de repos ; caractérisé en ce que la roue d'échappement comprend au moins une première partie (42) distante dudit premier axe de rotation et l'ancre comprend au moins une deuxième partie (28, 29) distante dudit deuxième axe de rotation ; en ce que, lorsque le résonateur mécanique est en repos, l'ancre présente pour toute position angulaire θ de la roue d'échappement à l'arrêt une position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ qui dépend de cette position angulaire ; en ce que, pour toute position angulaire d'au moins une plage de positions angulaires (PC_{P1} , PC_{P2}) de la roue d'échappement, les première et deuxième parties distantes sont en contact l'une avec l'autre alors que le résonateur mécanique est en repos et l'ancre est dans la position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ correspondante, les première et deuxième parties distantes étant agencées de manière que la position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ de l'ancre est, sur au moins une première partie de chaque plage de positions angulaires parmi ladite au moins une plage de positions angulaires de la roue d'échappement, une fonction monotone de la position angulaire θ de la roue d'échappement qui s'éloigne

d'une position médiane de l'ancre avec une variation de ladite position angulaire θ dans le sens de rotation prévu pour la roue d'échappement, cette position médiane définissant une position angulaire zéro pour l'ancre à égale distance angulaire de ses deux positions de repos ; et en ce qu'une valeur absolue maximale (AM_E) de la position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ de l'ancre sur ladite au moins une plage de positions angulaires est strictement inférieure à une valeur angulaire absolue (β_{Max}) des deux positions de repos.

2. Mouvement horloger selon la revendication 1, caractérisé en ce que la roue d'échappement (16) et l'ancre (14) sont agencées de manière que, lorsque la roue d'échappement commence à tourner, dans une phase de démarrage, depuis une quelconque position angulaire θ en étant soumise à un couple de démarrage inférieur ou égal audit couple de force, elle ne rencontre aucune butée d'origine magnétique ou mécanique qui soit susceptible de l'arrêter avant que cette roue d'échappement atteigne une prochaine plage de positions angulaires, parmi ladite au moins une plage de positions angulaires (PC_{P1} , PC_{P2}), sur au moins une partie de laquelle ladite au moins une première partie distante et ladite au moins une deuxième partie distante sont ensuite en contact ; et en ce que ladite au moins une première partie distante et ladite au moins une deuxième partie distante sont configurées de sorte que, dans ladite prochaine plage de positions angulaires, la roue d'échappement soumise audit couple de démarrage ne soit pas arrêtée par le contact entre les première et deuxième parties distantes concernées mais que la première partie distante concernée puisse transmettre au moins en majeure partie ledit couple de démarrage à l'ancre.
3. Mouvement horloger selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que chaque première partie distante (42) parmi ladite au moins une première partie distante présente, dans un système de coordonnées polaires (R , θ) perpendiculaire audit premier axe de rotation et centré sur celui-ci, une première surface inclinée (SI_1) de manière que chacune de ladite au moins une deuxième partie distante (28, 29) peut glisser sur cette première surface inclinée alors que la roue d'échappement traverse une plage de positions angulaires correspondante, parmi ladite au moins une plage de positions angulaires (PC_{P1} , PC_{P2}), et que l'ancre suit angulairement une courbe (50) définie par les positions angulaires d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ correspondantes.
4. Mouvement horloger selon une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque deuxième partie distante (28, 29) parmi ladite au moins une deuxième partie distante présente, dans un système de coordonnées polaires (R , θ) perpendiculaire audit premier axe de rotation et centré sur celui-ci, une deuxième surface inclinée (SI_2) lorsque l'ancre (14) est dans une quelconque position angulaire d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ correspondant à une quelconque position angulaire d'une plage de positions angulaires, parmi ladite au moins une plage de positions angulaires, dans laquelle cette deuxième partie distante est en contact avec une première partie distante parmi ladite au moins une première partie distante (PC_{P1} , PC_{P2}), la deuxième surface inclinée étant configurée de manière que chaque première partie distante (42) parmi ladite au moins une première partie distante peut glisser sur cette deuxième surface inclinée alors que la roue d'échappement traverse une plage de positions angulaires, parmi ladite au moins une plage de positions angulaires, qui est relative aux première et deuxième parties distantes considérées et que l'ancre suit angulairement une courbe (50) définie par les positions angulaires d'équilibre $\beta_{ER}(\theta)$ correspondantes.
5. Mouvement horloger selon une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle ladite palette magnétique est une première palette magnétique (30) et ladite deuxième partie saillante est une première palette mécanique (28) qui est associée à la première palette magnétique ; caractérisé en ce que l'ancre comprend une deuxième palette magnétique (32) et une deuxième palette mécanique (29) associée à cette deuxième palette magnétique, ladite structure aimantée périodique (36) et l'ancre (14) étant agencées de manière que ladite pluralité de rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique (38) sont également définies pour la deuxième palette magnétique, ces rampes croissantes pouvant être gravies, lorsque le couple de force fourni à la roue d'échappement est égal audit couple de force nominale ou compris dans ladite plage de valeurs prévue pour le fonctionnement normal du mouvement horloger, successivement par chacune des première et deuxième palettes magnétiques, lorsque l'ancre est périodiquement dans une première position de repos, respectivement dans une deuxième position de repos parmi lesdites deux positions de repos, et alternativement par ces première et deuxième palettes magnétiques lors du mouvement alternatif de l'ancre ; en ce ladite deuxième palette magnétique (32) et la pluralité de rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique sont agencées de manière que l'ancre (14) subit une impulsion de force magnétique dans le sens de son mouvement, après que la deuxième palette magnétique a gravi une quelconque desdites rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique, lorsque l'ancre bascule de la deuxième position de repos vers la première position de repos ; et en ce que chaque rampe croissante de ladite pluralité de rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique est associée à une partie saillante différente parmi une pluralité de parties saillantes (42) constituant ladite au moins une première partie saillante.
6. Mouvement horloger selon la revendication 5, caractérisé en ce que les première et deuxième palettes mécaniques (28, 29) de l'ancre (14) définissent, en fonctionnement normal, deux butées mécaniques pour ladite pluralité de parties saillantes ; et en ce que l'ancre et la roue d'échappement sont agencées de manière que, lorsque l'ancre présente ledit mouvement alternatif et ledit couple de force fourni à la roue d'échappement est égal audit couple de force nominale ou compris dans au moins une partie supérieure de ladite plage de valeurs et après que la première ou deuxième palette magnétique a gravi une quelconque desdites rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique suite à un basculement de l'ancre dans la première ou deuxième position de repos correspondante, la partie saillante (42) de la roue d'échappement (16) associée à ladite quelconque desdites rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique

subit au moins un premier choc sur ladite première ou deuxième palette mécanique de l'ancre, ce premier choc stoppant momentanément la rotation de la roue d'échappement au-delà d'une position angulaire de butée, définie par ladite première ou deuxième palette mécanique (28, 29), et intervenant de manière à dissiper au moins partiellement une énergie cinétique de la roue d'échappement acquise suite audit basculement.

7. Mouvement horloger selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'échappement (12) est agencé de manière que, suite audit premier choc et avant un prochain basculement de l'ancre (14), la roue d'échappement s'immobilise momentanément dans une position angulaire d'arrêt.
8. Mouvement horloger selon la revendication 7, caractérisé en ce que, lorsque le couple de force fourni à la roue d'échappement est égal au couple de force nominale ou présente une valeur dans au moins une zone supérieure de ladite partie supérieure de ladite plage de valeurs, ladite partie saillante (42) ayant subi ledit au moins un premier choc, une fois la roue d'échappement momentanément immobile dans ladite position angulaire d'arrêt, presse contre ladite première ou deuxième palette mécanique, de sorte que ladite position angulaire d'arrêt est alors ladite position angulaire de butée.
9. Mouvement horloger selon la revendication 7, caractérisé en ce que, pour tout couple de force dans ladite plage de valeurs, ledit au moins un premier choc est subi par la partie saillante (42) de la roue d'échappement associée à ladite quelconque desdites rampes croissantes d'énergie potentielle magnétique ; et en ce que cette partie saillante, une fois la roue d'échappement momentanément à l'arrêt, presse contre ladite première ou deuxième palette mécanique.
10. Mouvement horloger selon une quelconque des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que la structure aimantée périodique (36) est agencée de sorte que son pourtour extérieur est sensiblement circulaire, des parties en arc de cercle (38) de cette structure aimantée, qui définissent respectivement lesdites rampes d'énergie potentielle magnétique, étant agencées circulairement autour dudit premier axe de rotation.
11. Mouvement horloger selon une quelconque des revendications 5 à 10, caractérisé en ce que lesdites parties saillantes sont formées par des dents (42) qui s'étendent dans un plan général dans lequel s'étendent également les première et deuxième palettes mécaniques (28, 29) supportant respectivement ledit aimant (30) et un autre aimant (32), formant la deuxième palette magnétique, qui sont aussi situés dans le plan général.

Fig. 1D

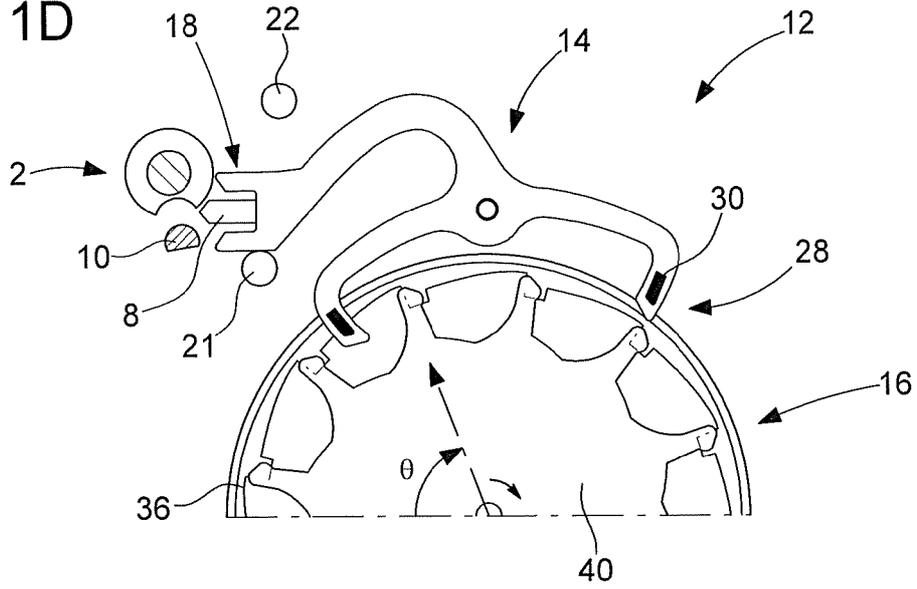


Fig. 1E

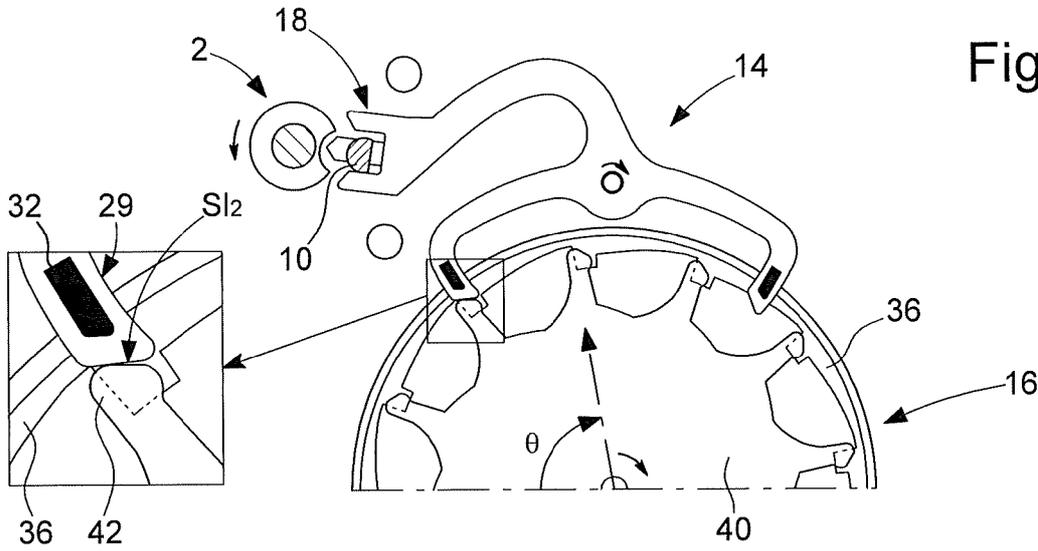


Fig. 1F

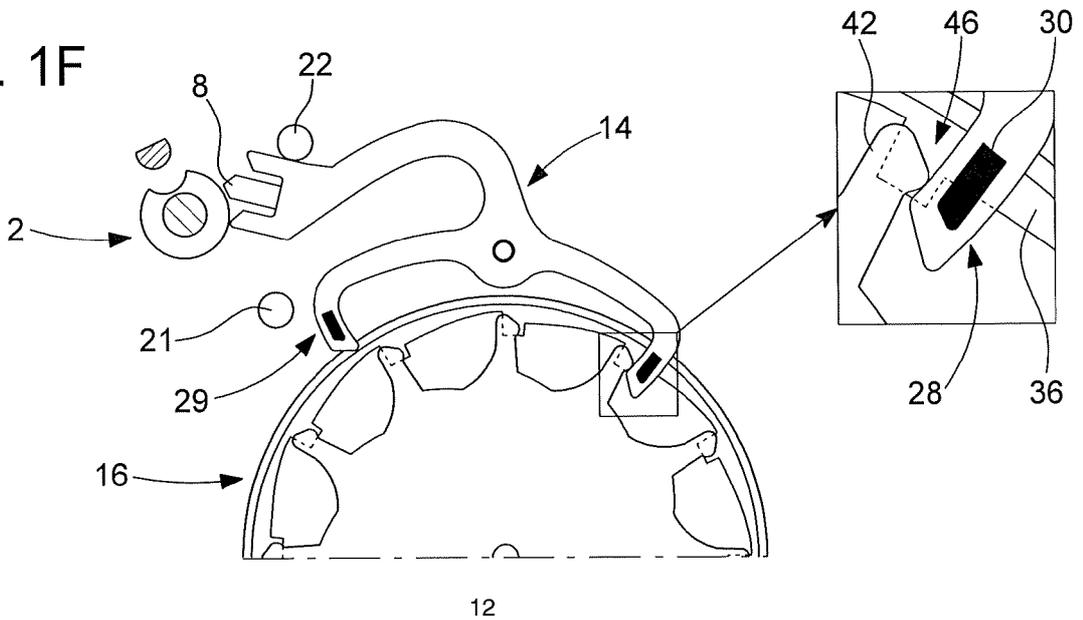


Fig. 1G

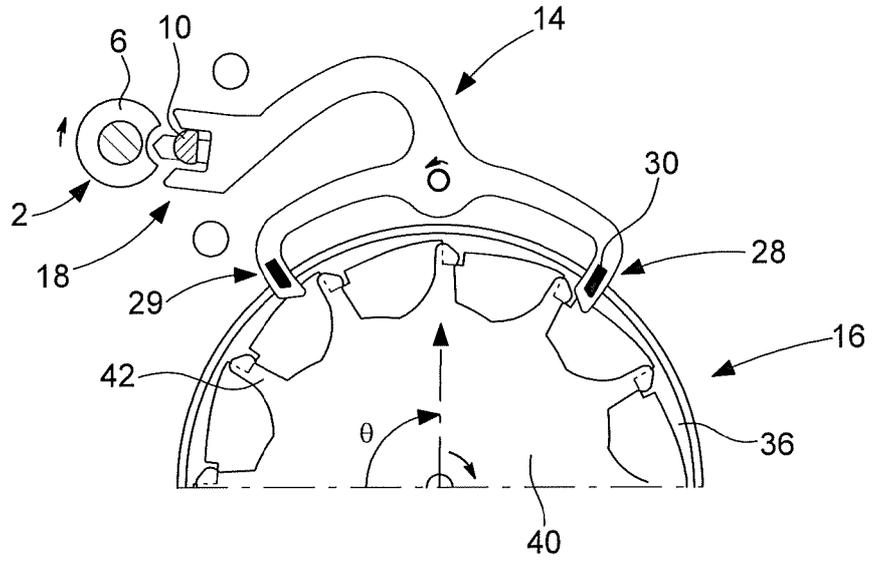


Fig. 1H

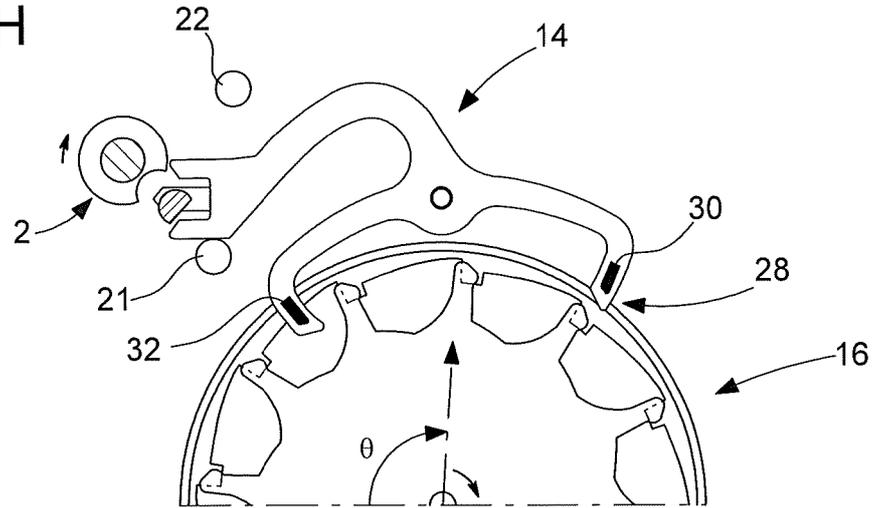


Fig. 1I

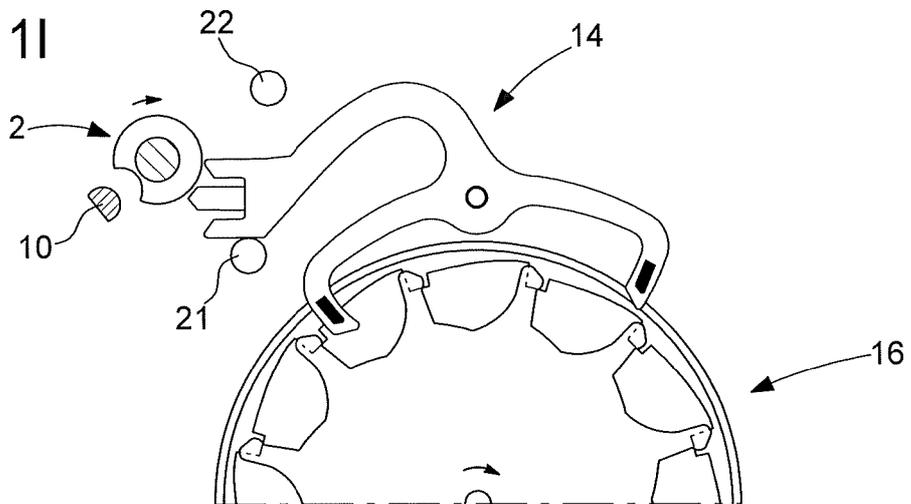


Fig. 2

