



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 707 990 A1

(51) Int. Cl.: G04F 7/08 (2006.01)
G04C 5/00 (2006.01)
G04B 17/28 (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: 00846/13

(71) Requérant:
LVMH Swiss Manufactures SA, Rue L.-J. Chevrolet 6a
2300 La Chaux-de-Fonds (CH)

(22) Date de dépôt: 24.04.2013

(72) Inventeur(s):
Jean-Charles Rousset, 2300 La Chaux-de-Fonds (CH)
Guy Sémon, 2000 Neuchâtel (CH)

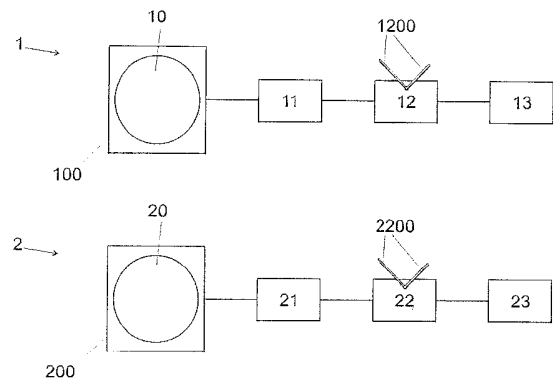
(43) Demande publiée: 31.10.2014

(74) Mandataire:
P&TS SA, Av. J.-J. Rousseau 4 P.O. Box 2848
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Mouvement de montre mécanique.**

(57) Mouvement de montre mécanique comportant:
- un premier système de mesure du temps (1) comportant un premier organe réglant (10), une première chaîne de transmission (12) et un premier ensemble d'indicateurs (1200) pour indiquer l'heure courante;
- un deuxième système de mesure du temps (2) comportant un deuxième organe réglant (20), une deuxième chaîne de transmission (22) et un deuxième ensemble d'indicateurs (2200) pour indiquer une durée chronométrée;
- le deuxième organe réglant (20) comportant un tourbillon; caractérisé en ce que ledit deuxième organe réglant (20) est un organe réglant magnétique.

Avantageusement le mouvement de montre selon l'invention comprend au moins une cage (200) tournante.



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un mouvement de montre mécanique, notamment un mouvement de montre à tourbillon pour chronographe.

Etat de la technique

[0002] La marche des organes réglants mécaniques dépend de la position de la montre; la gravité tend à créer des écarts de marche notamment lorsque la montre est tenue verticalement ce qui tend à déformer le spiral sous son propre poids. Afin d'annuler cette perturbation, le tourbillon a été imaginé par A.-L. Breguet. Il comprend généralement une cage mobile qui porte l'organe régulateur et le fait pivoter pour compenser l'influence de la gravité dans différentes positions. La cage fait généralement 1 tour par minute.

[0003] Un tourbillon peut être considéré comme un train épicycloïdal où la roue d'échappement et l'ancre constituent un planétaire, le mobile d'échappement comme un satellite et la cage comme un porte satellite.

[0004] Une difficulté dans la conception d'un tourbillon revient souvent à gérer le compromis entre fréquence de l'oscillateur et vitesse de rotation de la cage. Il s'agit de concevoir un train planétaire où la vitesse d'entrée et de sortie sont imposées avec un encombrement limité. C'est précisément ce compromis qui fait que la plupart des tourbillons fonctionnent pour afficher directement les secondes à l'aide d'un oscillateur 4 Hz et d'une roue d'échappement de 20 dents. Cependant bien souvent les réalités d'encombrement viennent contraindre les démultiplications et nécessitent un ajustement de la fréquence de l'oscillateur.

[0005] De nombreux développements des tourbillons ont trait à l'orientation du tourbillon; ces améliorations ne changent rien à sa précision fréquentielle mais sont réputés meilleurs «moyenneurs» pour un usage donné (porté, posé sur le bureau etc.). Cependant ces évolutions, qu'elles utilisent des rotations bi- ou tri-axiales ou le principe de précession, ne changent rien à la précision d'un spiral en sorte que les tourbillons sont destinés au comptage précis des heures et de secondes.

[0006] Pour rendre ce mécanisme plus robuste, on a aussi réalisé des montres à carrousel qui permettent également le moyennage des erreurs dues à la position. Par souci de simplification, on utilisera dans la suite de ce texte et dans les revendications le terme «tourbillon» pour désigner de façon générique aussi bien les mécanismes à tourbillon proprement dit que les mécanismes à carrousel.

[0007] Les tourbillons étaient avant tout utiles pour les montres de poche portées au gousset et qui se trouvent donc la plupart du temps en position verticale. Leur utilité est moins grande pour des montres bracelets dont la position change plus souvent.

[0008] L'utilité d'un tourbillon pour une montre chronographe est en particulier considérée comme limitée. En effet un tourbillon associé à un organe réglant classique à 2.5 ou 4 Hz ne permet que de compter le temps avec une résolution du 1/5ème ou du 1/8ème de seconde... dans tous les cas cette résolution n'est pas suffisante pour une mesure précise au dixième ou au centième de seconde, et l'emploi d'un tourbillon n'y change rien.

[0009] On appelle chronomètre une montre de haute précision, ayant généralement obtenu un bulletin officiel de marche délivré par un observatoire ou un autre organisme. De nombreuses montres à tourbillon, mais aussi d'autres montres, sont des chronomètres.

[0010] On appelle chronographe une montre comportant au moins une aiguille qui peut être mise en marche puis arrêtée au moyen d'un poussoir, afin de mesurer une durée. Des nombreux chronographes comportent également des aiguilles pour l'affichage de l'heure courante en plus de l'affichage de la durée mesurée.

[0011] Un chronographe est qualifié de chronomètre s'il est capable d'afficher l'heure courante avec la précision requise par les tests de certification. On connaît par exemple des montres chronographes munies d'un organe réglant à tourbillon et capables d'afficher l'heure courante avec une très grande précision.

[0012] Les tests de chronométrie vérifient uniquement la précision d'affichage de l'heure courante, mais pas celle de la mesure de durée par le chronographe. De plus, la mesure de la précision est généralement effectuée lorsque le chronographe est arrêté.

[0013] Il en résulte que mêmes des chronographes qualifiés de chronomètres peuvent parfois mesurer et afficher des durées chronométrées avec une précision insuffisante. En effet, les inerties, les jeux, les frottements dans la chaîne cinématique du chronographe ne sont pas les mêmes que ceux qui se produisent ou sont requis dans la chaîne cinématique destinée à l'affichage de l'heure courante. Par conséquent, un organe réglant qui offre une précision excellente pour mesurer l'heure courante peut s'avérer peu ou pas adapté pour mesurer une durée chronométrée.

[0014] D'autre part, les perturbations à l'affichage de l'heure courante causées par le chronographe ne sont pas prises en compte lors des tests de chronométrie. On sait pourtant que le chronographe prélève une énergie importante lorsqu'il est enclenché, et que sa marche tend à perturber la précision du mouvement. Par conséquent, un mouvement qui est très précis lorsque le chronographe est arrêté peut s'avérer moins précis lorsque le chronographe est enclenché.

[0015] Un organe régulateur oscille à une fréquence déterminée. Le nombre d'alternances par unité de temps détermine la résolution temporelle de l'organe régulateur. Par exemple, une montre mécanique affichant les secondes du temps courant doit comporter un organe régulateur effectuant au moins 3600 alternances par heure. En pratique, les organes régulateurs usuels effectuent 28 800 ou parfois 36 000 alternances par heure, ce qui permet de mesurer le temps avec une résolution de 0,125 respectivement de 0,1 seconde.

[0016] En augmentant la fréquence d'oscillation, on améliore la résolution temporelle, ce qui permet de compter des intervalles de temps plus courts. Une résolution temporelle améliorée est surtout utile pour des chronographes, pour lesquels une résolution temporelle du dixième ou du centième de seconde, ou plus fine encore, est parfois souhaitée. Une fréquence d'oscillation élevée engendre cependant une consommation énergétique plus élevée, notamment au niveau de l'échappement, ce qui réduit la réserve de marche de la montre. Pour cette raison, la fréquence d'oscillation choisie est habituellement un compromis entre les exigences de résolution du chronographe et la volonté de maintenir une réserve de marche aussi élevée que possible pour l'affichage du temps courant.

[0017] Afin de réduire le problème de la perturbation de la mesure de l'heure courante lorsque le chronographe est enclenché, la demande internationale WO 03/065 130 décrit un mouvement dual dans lequel le barillet et l'organe réglant sont dédoublés. Un des organes réglants, qui oscille à haute fréquence et est alimenté par son propre barillet, sert à régler la fonction chronographe tandis que l'autre organe réglant, plus lent, sert au comptage et à l'affichage de l'heure courante. Cette construction permet de réaliser une montre chronographe capable de mesurer le temps avec une résolution du centième de seconde, sans affecter la réserve de marche du mouvement de base utilisé pour l'affichage du temps courant. La réserve de marche du chronographe est adaptée à la durée maximale que l'on souhaite et peut chronométrer avec une précision donnée.

[0018] Par ailleurs, les deux chaînes cinématiques étant indépendantes, le démarrage du chronographe n'affecte pas la précision du mouvement de base et la marche de la montre. Cette solution a été mise en œuvre dans le «Calibre 360» de TAG Heuer qui a démontré la faisabilité technique de la solution.

[0019] Les problèmes de précision du chronographe, et de précision de la montre durant l'utilisation du chronographe, ont fait l'objet de très peu d'attention et sont considérés comme peu critiques, parce que les chronographes sont généralement utilisés pendant des durées courtes. Par conséquent, même une erreur de marche inacceptable pour les très longues durées nécessaires à l'affichage de l'heure courante ne résulte qu'en une déviation faible durant les courtes périodes mesurées par le chronographe. Si ce principe est couramment admis aux fréquences habituelles de 4 et 5 Hz, il n'est plus acceptable pour chronographes haut de gamme, fonctionnant à des fréquences supérieures et notamment dans le cas où l'on souhaite garantir une précision optimale pendant une certaine durée de mesure à l'utilisateur.

[0020] On a cependant vu apparaître récemment des montres bracelets chronographes mécaniques qui permettent de mesurer des durées avec une résolution du centième ou même du millième de seconde. Une mesure au centième de seconde ou au millième de seconde près nécessite cependant une précision extrême, que des chronographes courants ne peuvent généralement pas offrir.

[0021] La demande de brevet WO2006/045 824 au nom de la demanderesse, dont le contenu est intégré ici par référence, propose de remplacer le ressort spiral de l'art antérieur par au moins un aimant permanent qui repousse le balancier vers sa position de repos à l'encontre des impulsions de l'échappement. La force magnétique de l'aimant est indépendante de son orientation dans l'espace, et en améliorant ainsi les perturbations de l'isochronisme qui caractérisent les ressorts spiraux lorsqu'ils se déforment sous l'action de la gravité.

[0022] La demande de brevet WO2011/051 497 au nom de la demanderesse, dont le contenu est également intégré ici par référence, propose des améliorations de l'organe réglant de WO2006/045 824, notamment d'ajouter au «organe réglant magnétique», comprenant un balancier comportant au moins un aimant mobile et un organe de rappel magnétique comportant au moins un aimant permanent fixe coopérant avec cet aimant mobile du balancier de manière à générer un couple de rappel mécanique pour amener le balancier vers au moins une position de repos, au moins une culasse en matériau ferromagnétique pour concentrer le flux magnétique d'au moins un aimant permanent.

[0023] La demande de brevet WO2011/051 498 au nom de la demanderesse, dont le contenu est également intégré ici par référence, propose également des améliorations de l'organe réglant de WO2006/045 824, notamment d'utiliser pour les aimants permanents de l'organe réglant magnétique un matériau cristallin non fritte, par exemple à base de platine et de cobalt. Les alliages platine-cobalt présentent l'avantage d'être disponibles sous forme cristalline et ductile, ce qui permet de les usiner avec des tolérances très précises en employant des outils d'usinage conventionnels, elles sont par ailleurs peu oxydables, et peu sensibles aux variations de température. Les aimants permanents peuvent comporter plusieurs couches arrangées de manière à ce que les variations de champ magnétique se compensent au moins partiellement.

[0024] Même avec ces améliorations, la demanderesse a constaté avec des tests des laboratoires que l'organe réglant magnétique présentait encore des problèmes. La demanderesse a par exemple constaté que la présence de champs magnétiques externes, naturels ou non, peut perturber le fonctionnement de l'organe réglant magnétique, en compromettant sa précision; les écarts de marche dus aux champs magnétiques externes généralement considérés négligeables pour les mouvements mécaniques classiques peuvent prendre de l'importance dans des mouvements basés sur un régulateur magnétique et lorsqu'une précision élevée est requise.

[0025] Comme décrit dans WO2011/051 498, la forme de la culasse et des aimants est déterminée par calcul et simulation numérique afin de garantir la linéarité le couple de rappel C du balancier et la position angulaire θ du balancier ($C = k \cdot \theta$). Cependant cette relation limite les formes à utiliser pour la culasse et des aimants, qui souvent sont peu pratiques à réaliser et qui présentent des points d'inflexion ou des pointes provoquant des discontinuités du champ magnétique, préjudiciables à la marche isochrone de la montre.

[0026] La demanderesse a par exemple observé une différence assez importante, de l'ordre de grandeur de 20%, entre la fréquence d'oscillation simulée à l'ordinateur et celle mesurée au laboratoire et s'est interrogée sur les raisons de cet écart. En outre elle a mesuré le facteur de qualité Q du système oscillant constitué par l'organe réglant magnétique et a vérifié qu'il était assez bas, de l'ordre de grandeur de 80, et qu'il pouvait donc être amélioré.

[0027] Enfin la demanderesse a constaté que le comportement du balancier et des composants de l'organe réglant magnétique change également en fonction de la température, qui peut varier entre -20 °C et +70 °C (plage de température horlogère), induisant des variations de la marche de montre en température μ de l'ordre de grandeur de 40 sec/jour/°C, ce qui est inacceptable pour une montre de grande précision.

Bref résumé de l'invention

[0028] Un but de la présente invention est de proposer un mouvement de montre pour chronographe exempt des limitations des mouvements connus.

[0029] Il est important pour la plupart des marques horlogères de proposer régulièrement des innovations techniques; il s'agit d'un véritable défi étant donné la quantité de documents publiés concernant des montres mécaniques. Un but de la présente invention est donc aussi de proposer un mouvement de montre mécanique qui soit nouveau et différent des mouvements de montre mécanique de l'art antérieur.

[0030] Selon l'invention, ces buts sont atteints notamment au moyen d'un mouvement de montre chronographe mécanique comportant:

- un premier système de mesure du temps comportant un premier organe réglant, une première chaîne de transmission et un premier ensemble d'indicateurs pour indiquer l'heure courante;
- un deuxième système de mesure du temps comportant un deuxième organe réglant, une deuxième chaîne de transmission et un deuxième ensemble d'indicateurs pour indiquer une durée chronométrée.

[0031] Avantageusement le deuxième organe réglant comporte un tourbillon. L'invention est caractérisée par le fait que ce deuxième organe réglant est un organe réglant magnétique.

[0032] Dans le contexte de cette invention l'expression «organe réglant magnétique» désigne un organe réglant comprenant:

- un balancier comportant au moins un aimant mobile;
- un organe de rappel magnétique comportant au moins un aimant permanent fixe coopérant avec cet aimant mobile du balancier de manière à générer un couple de rappel mécanique;
- de préférence, au moins une culasse en matériau ferromagnétique pour concentrer le flux magnétique d'au moins un aimant permanent.

[0033] Dans une variante préférentielle la culasse du deuxième organe réglant est agencée pour pouvoir tourner. Elle tourne à la vitesse de rotation du tourbillon de cet organe réglant.

[0034] L'usage d'un tourbillon destiné à la chronographie est inattendu, parce qu'il est habituellement considéré que la fréquence de rotation très lente de la cage du tourbillon que l'on peut obtenir avec les organes réglants conventionnels est insuffisante pour moyenniser les erreurs sur les durées courtes qui sont chronométrées, et avec la résolution attendue d'un chronographe.

[0035] L'invention part cependant de la constatation que les organes réglants à haute fréquence que l'on peut dorénavant réaliser ouvrent de nouveaux champs d'application aux tourbillons. En particulier, il est possible de réaliser des tourbillons dont la fréquence de rotation est supérieure ou égale à 1 tour toutes les 5 secondes.

[0036] Ces fréquences de rotation inhabituelles peuvent être obtenues de préférence grâce à des organes réglants comportant un balancier oscillant à une fréquence supérieure ou égale à 50 Hz. Ces fréquences peuvent aussi être obtenues par un organe réglant magnétique.

[0037] L'utilisation d'un tourbillon dédié au chronographe permet d'améliorer la précision de la mesure de durée chronométrée par le chronographe. L'utilisation d'un tourbillon dédié au chronographe est particulièrement utile puisque le chronographe est utilisé en présence de champs magnétiques externes, qui sont au moins naturels mais qui peuvent être aussi artificiels.

[0038] Par ailleurs, un tourbillon s'avère avantageux dans le cadre d'un usage sportif durant lequel des chocs ou des vibrations viennent perturber l'organe réglant magnétique: sa mise en rotation favorise le lissage des erreurs.

[0039] Enfin la combinaison d'un tourbillon avec un organe réglant magnétique est une prouesse technique constituant une innovation dans le domaine de l'horlogerie qui est nouvelle et différente des mouvements de montre mécanique de l'art antérieur.

[0040] Dans une variante préférentielle la première chaîne de transmission est liée cinématiquement au premier organe réglant et au premier ensemble d'indicateurs pour indiquer l'heure courante, de manière à ce que le premier organe réglant règle la marche des indicateurs du premier ensemble au travers de la première chaîne de transmission, tandis que la deuxième chaîne de transmission est liée cinématiquement au deuxième organe réglant et au deuxième ensemble d'indicateurs pour indiquer une durée chronométrée, de manière à ce que le deuxième organe réglant règle la marche des indicateurs du deuxième ensemble au travers de la deuxième chaîne de transmission.

[0041] L'utilisation d'une chaîne duale, avec un premier organe réglant dédié à la mesure du temps et un deuxième organe réglant dédié au chronographe, permet d'effectuer des mesures de durées chronométrées qui ne perturbent pas la mesure du temps courant.

[0042] L'usage d'une chaîne duale permet aussi, à partir d'une même base, de réaliser plusieurs montres adaptées à différents usages en changeant uniquement l'organe réglant du chronographe.

[0043] La présente invention concerne aussi une montre équipée de deux tourbillons qui effectuent des rotations à des vitesses différentes l'une de l'autre, indépendamment de la fonction affectée à ces deux tourbillons. En effet dans une variante préférentielle le premier organe réglant aussi comporte un autre tourbillon.

[0044] La présente invention concerne aussi une montre équipée de deux tourbillons qui effectuent des rotations à des vitesses indépendantes l'une de l'autre, indépendamment de la fonction affectée à ces deux tourbillons.

[0045] Le terme tourbillon doit être interprété dans cette demande dans son acceptation la plus large, et inclut aussi des organes réglants tournant dans une cage à une fréquence différente de la fréquence de rotation des tourbillons usuels. Le tourbillon peut tourner de manière continue ou saccadée. Le tourbillon peut être constitué par un carrousel. Chaque tourbillon peut tourner autour d'un axe perpendiculaire à la platine, ou autour d'un axe non perpendiculaire à la platine, ou simultanément autour de plusieurs axes.

[0046] Le premier organe réglant peut comporter un autre tourbillon orienté différemment que le tourbillon destiné au chronographe. Le premier organe réglant peut aussi être dépourvu de tourbillon.

[0047] Le premier organe réglant oscille à une première fréquence d'oscillation et le deuxième organe réglant oscille à une deuxième fréquence d'oscillation qui peut être supérieure à la première fréquence d'oscillation. Ainsi, la précision ou résolution pour la mesure du temps avec le chronographe est meilleure que pour la mesure du temps. La consommation d'énergie du premier organe réglant dédié à la mesure de l'heure courante est cependant inférieure à la consommation d'énergie du deuxième organe réglant dédié à la mesure d'une durée chronométrée.

[0048] Dans une variante le deuxième organe réglant comporte un balancier oscillant à une fréquence supérieure ou égale à 50 Hz. Dans une autre variante le premier organe réglant comporte un balancier oscillant à une fréquence égale à 4 Hz ou à un multiple de 4 Hz. Dans une variante préférentielle le premier organe réglant comporte un balancier oscillant à une fréquence égale à 12 Hz. Cette fréquence est privilégiée par rapport à des fréquences inférieures comme 4 Hz, 8 Hz ou 10 Hz, utilisées dans les mouvements connus, car elle est plus élevée, permettant donc une meilleure stabilité de l'organe réglant, et peut être aisément obtenue à partir d'une fréquence moins élevée avec un système de démultiplication. En outre elle est inusuelle dans des mouvements mécaniques connus.

[0049] La durée de rotation du premier tourbillon dédié à la mesure du temps courant peut être supérieure à la durée de rotation du deuxième tourbillon dédié à la mesure d'une durée chronométrée. Ainsi, le deuxième tourbillon effectue un moyennage plus fin des erreurs dues à une orientation variable du mouvement au cours de la mesure de durée.

[0050] Dans une variante préférentielle la fréquence de rotation du tourbillon du deuxième organe réglant est supérieure ou égale à 1 tour toutes les 5 secondes.

[0051] Les deux chaînes de mesure ne sont pas couplées. Cela signifie que la position de chaque indicateur ne dépend que d'un seul des deux organes réglants.

[0052] Dans une variante préférentielle le premier organe réglant aussi est un organe réglant magnétique, selon la définition donnée ci-dessus.

[0053] Le premier système de mesure du temps peut comporter un premier barillet et le deuxième système de mesure du temps peut comporter un deuxième barillet. Le premier système de mesure du temps peut comporter un ou plusieurs barillets. Le deuxième système de mesure du temps peut comporter un ou plusieurs barillets. Le (ou les) deuxième barillet peut être agencé pour être déchargé indépendamment du (ou des) premier barillet lorsque le chronographe est démarré. Ainsi, l'utilisation du chronographe n'affecte pas la réserve de marche du premier système destiné à la mesure et à l'affichage de l'heure courante. Il n'y a pas de transfert d'énergie entre les deux barillets. Par ailleurs, le couple nécessaire à l'entraînement du deuxième système de mesure ne crée aucune perturbation sur le premier système de mesure.

[0054] Le mouvement de montre comporte un bouton de démarrage du chronographe pour lancer la mesure d'une durée chronométrée au moyen du deuxième système de mesure du temps, et optionnellement un lanceur pour actionner la mise

en rotation du deuxième tourbillon lorsque le bouton de démarrage est pressé. Le deuxième système de mesure du temps, et en particulier le deuxième tourbillon, peut ainsi être arrêté lorsque le chronographe n'est pas utilisé, et démarré quasi instantanément grâce au lanceur lorsque le chronographe est démarré.

[0055] Le lanceur peut comporter un élément déformable élastiquement pour accumuler de l'énergie et la restituer presque instantanément lorsque le bouton de démarrage est actionné.

[0056] Le deuxième système de mesure du temps peut comporter un balancier. Le lanceur peut être agencé pour se déplacer dans un plan différent de celui du dit balancier. Ainsi, l'encombrement planaire de l'ensemble lanceur-balancier est minimal, puisqu'au minimum une partie du balancier peut se trouver au-dessus ou au-dessous du balancier.

[0057] Le deuxième système de mesure du temps peut comporter un organe réglant, magnétique ou pas, dépourvu de balancier afin de pouvoir osciller à des fréquences très élevées, de l'ordre de grandeur de 500 Hz ou davantage, comme décrit par exemple dans WO2012/127 016.

[0058] Dans ce cas le lanceur peut être agencé pour donner une impulsion sur l'axe de l'organe de rappel magnétique (le rotor) lorsque le bouton de démarrage est actionné. Le lanceur peut être agencé pour donner une impulsion aussi sur un moyeu ou une portée de cet axe lorsque le bouton de démarrage est actionné.

[0059] Dans le cas d'un organe réglant magnétique, avec ou sans balancier, le lanceur est avantageusement réalisé dans un matériau amagnétique.

[0060] Les deux tourbillons peuvent être visibles simultanément sur la même face du mouvement, par exemple sur la face avant.

[0061] WO 2011/051 498 décrit que la forme de la culasse et des aimants est déterminée par calcul et simulation numérique afin de garantir la linéarité le couple de rappel C du balancier et la position angulaire θ du balancier ($C \equiv k \cdot \theta$). WO2011/051 497 décrit également que le couple de rappel mécanique doit varier de manière sensiblement continue et linéaire en fonction de la déviation angulaire du balancier par rapport à la position de repos.

[0062] La demanderesse a découvert de façon surprenante et inattendue que cette relation linéaire n'est pas une condition nécessaire pour déterminer la forme de la culasse des aimants. En effet la relation entre le couple de rappel C du balancier et la position angulaire θ du balancier peut être aussi une relation non linéaire. Cette découverte ne limite plus le choix des formes à utiliser pour la culasse et des aimants, et permet d'écarter des formes peu pratiques à réaliser et qui présentent des coins ou des pointes dans lesquels le champ magnétique se concentre. Il est possible donc de réaliser des culasses et des aimants avec un plus grand nombre de degrés de liberté, en choisissant par exemple des formes plus arrondies et/ou douces et/ou moins encombrantes et/ou moins difficiles à réaliser.

[0063] En effet pour avoir un fonctionnement quasi isochrone de l'organe réglant, c'est-à-dire que la période d'oscillation est quasiment indépendante de son amplitude, il n'est plus nécessaire d'imposer que le couple de rappel C du balancier varie de manière proportionnelle ou sensiblement proportionnelle à la position angulaire θ du balancier. Il suffit tout simplement d'imposer que la différence entre les fréquences d'oscillation de l'organe réglant correspondant à l'amplitude maximale d'oscillation du balancier dans le cas de barillet déchargé et de barillet chargé $\theta_{\max 1}$ et $\theta_{\max 2}$ du balancier soit nulle et calculer par calcul et simulation numérique la relation entre le couple C et la position angulaire θ qui permette de satisfaire la relation suivante:

$$\left| f_{\theta_{\max 2}} - f_{\theta_{\max 1}} \right| \rightarrow 0 \quad (1)$$

[0064] Il existe une famille des courbes non linéaires qui permettent de satisfaire la relation (1), à chaque courbe correspondant une forme de culasse et des aimants, qui est déterminée à l'aide d'un algorithme reliant l'allure de chaque courbe C- θ aux formes recherchées.

[0065] Il est donc possible d'augmenter sensiblement les formes possibles pour les aimants permanents fixes, pour les aimants mobiles (permanents ou ponctuels) afin d'assurer cette relation non linéaire. La culasse participe également à la génération du champ magnétique de rappel du balancier. Sa forme, ainsi que la forme de l'entrefer entre la culasse et le balancier, peuvent être choisies avec plus de degrés de liberté sans être contraintes par la relation entre le couple de rappel et la déviation angulaire.

[0066] Selon une caractéristique de l'invention, ce choix d'une relation non linéaire entre le couple de rappel C et la déviation θ peut s'appliquer à tout organe réglant, y compris un organe réglant sans tourbillon, un organe réglant pour chronographe, pour la mesure de l'heure courante, etc. L'invention concerne donc un mouvement de montre comportant un organe réglant magnétique dans lequel la relation entre le couple de rappel C et la déviation du balancier est non linéaire, tout en garantissant que la fréquence d'oscillation du balancier soit constante quelle que soit l'amplitude maximale de l'oscillation.

[0067] Dans une variante préférentielle le mouvement selon l'invention comprend une platine et/ou un pont en un matériau amagnétique, ce qui améliore la précision et la stabilité de l'oscillation des organes réglants magnétiques d'au moins un facteur 10.

[0068] De préférence ce matériau amagnétique est un alliage nickel-phosphore, comprenant entre 10% à 12% de phosphore. Cet alliage peut être obtenu par réduction auto-catalytique d'un sel de nickel par l'hypophosphite de sodium dans

un bain en milieu aqueux, sans faire appel pour cette réaction à aucun courant électrique. A la sortie du bain, ce matériau est complètement amagnétique.

[0069] Il est connu qu'un matériau magnétique peut avoir trois types de pertes magnétiques, c'est-à-dire des dissipations d'énergie qui généralement ne sont pas récupérables:

- Les pertes par hystérésis;
- Les pertes par courant de Foucault;
- Les pertes résiduelles ou pertes par traînage.

[0070] En faisant des tests, la demanderesse a observé que pour le mouvement objet de l'invention, notamment pour la culasse, les deux dernières pertes sont négligeables par rapport aux premières.

[0071] Les pertes par hystérésis correspondent au travail nécessaire pour parcourir lentement le diagramme B-H du matériau de la culasse. Elles sont en générale mesurée en W/kg ou W/m^3 . La demanderesse a découverte que la différence entre la fréquence d'oscillation d'un organe réglant magnétique simulée et celle mesurée était due à la présence de ces pertes.

[0072] En effet, en remplaçant le matériau de la culasse sous test (AFK502) avec un matériau plus doux, avec des faibles pertes par hystérésis, non seulement la fréquence d'oscillation de l'organe réglant magnétique simulée était proche de celle mesurée, mais aussi que le facteur de qualité de l'organe réglant améliorait sensiblement, en passant de 80 à 200.

[0073] Dans une variante préférentielle la culasse est donc réalisée dans un matériau ayant une valeur de pertes par hystérésis inférieur à 1 W/Kg (pour une fréquence d'oscillation de 50 Hz et un champ magnétique de 1,5 T ou T), par exemple 0.9 W/kg.

[0074] Dans une variante préférentielle ce matériau est un alliage comprenant un pourcentage en masse de nickel égal à 50% de nickel et un pourcentage en masse de fer égal à 50% (ou Permenorm®).

[0075] La culasse sert à boucler le champ d'induction magnétique créé par les aimants fixes afin de:

- maximiser le champ d'induction dans l'entrefer;
- minimiser l'impact du champ d'induction créé par les pôles extérieurs des aimants fixes.

[0076] La culasse sert également à maintenir les aimants fixes ou statoriques à une distance fixe, en autorisant un réglage du positionnement dans le plan pour le centrage des aimants mobiles. Dans une variante préférentielle, ce système de positionnement comprend des excentriques et éventuellement un ressort.

[0077] La culasse dans une variante a donc une valeur élevée de saturation, de préférence supérieur à 1 T, pour éviter une chute du flux magnétique dans la culasse.

[0078] Dans une variante préférentielle les aimants (mobiles et/ou fixes) de l'organe réglant magnétiques ont une magnétisation anisotrope, afin de garantir la direction de magnétisation: en effet un aimant anisotrope ne peut être magnétisé que dans une seule direction.

[0079] Dans une autre variante préférentielle les aimants ont une valeur élevée de champ coercitif H_c , notamment $H_c > 400$ kA/m, afin d'éviter la démagnétisation causée par des champs externes.

[0080] Dans une autre variante préférentielle les aimants ont une courbe de démagnétisation linéaire, afin d'éviter démagnétisation causée par des circuits magnétiques. Cette courbe est également nécessaire pour maximiser le champ d'induction après une magnétisation de l'aimant hors du circuit magnétique.

[0081] Avantageusement, afin de compenser l'effet de la température sur la fréquence d'oscillation, causée par la dilatation du balancier et des autres composants, par exemple de la culasse, la demanderesse a découvert que l'utilisation pour ces aimants d'une combinaison de matériaux magnétiques dont les propriétés ferromagnétiques et paramagnétiques évoluent à température différentes, permet d'obtenir des aimants avec une variant souhaitée de la rémanence en fonction de la température. Cette variation peut être positive ou négative sur la plage de température horlogère -20 °C - +70 °C.

[0082] Avantageusement, à la différence de ce qui est suggéré dans WO2011/051 498, la demanderesse a découvert qu'il est possible d'utiliser pour les aimants des matériaux frittés, qui peuvent être usinés par électroérosion au fil, avec un système de compensation interne ou intrinsèque des variations de température liée au matériau de ces aimants.

[0083] Dans une variante préférentielle en effet les aimants permanents fixes et/ou ceux mobiles comprennent un alliage samarium-cobalt. Cet alliage peut être du grade $SmCo_5$ (1 atome de samarium pour 5 atomes de cobalt) ou du grade Sm_2Co_{17} (2 atome de samarium pour 17 atomes de cobalt), le premier présentant une rémanence plus faible, mais étant plus facile à travailler.

[0084] Dans une variante préférentielle cet alliage comprend aussi du gadolinium, en un pourcentage en masse compris entre 35% et 55%.

[0085] Les deux grades ci-dessus peuvent en effet être alliés à du gadolinium pour compenser les effets de la température sur la rémanence, avec toutefois des proportions différentes.

[0086] Sans gadolinium, la variation de la rémanence Br en température est de l'ordre de -420ppm / °C pour le SmCo₅ et de -350ppm / °C pour le Sm₂Co₁₇, ce qui correspond à une variation de marche de la montre en température d'environ 36.3 sec/jour/°C pour le SmCo₅ et d'environ 30.2 sec / j /°C pour le Sm₂Co₁₇.

[0087] Grâce à l'ajout du gadolinium le comportement en température de l'organe réglant magnétique est sensiblement amélioré, et permet d'obtenir une variation de marche de la montre en température d'environ -3 à +3 sec/jour/°C.

[0088] Pour réduire davantage la variation de marche de la montre en température, il est possible d'étudier le comportement des autres pièces du mouvement en température (notamment la dilatation de la culasse et du balancier) et d'ajuster la composition des aimants, notamment l'ajout du gadolinium, pour compenser ces autres phénomènes qui sont de l'ordre de quelques sec/jour/°C. Ces ajustements correspondent à un changement de quelques pourcents de gadolinium dans l'alliage. En ajoutant davantage de gadolinium, la «force» de l'aimant augmente avec la température.

[0089] L'invention concerne donc également un précédé de conception d'organe réglant magnétique dans lequel on étudie d'abord l'influence de la température sur l'isochronisme provenant des autres éléments du système, avant de la compenser en ajustant la proportion de gadolinium dans les aimants.

[0090] Comme évoqué, deux éléments du système ont un comportement en température susceptible d'influencer l'isochronisme:

- La dilatation du balancier: en chauffant, l'inertie du balancier augmente. La fréquence est donc plus faible. La perte d'isochronisme est de l'ordre de -80 à -100s/j;
- la dilatation de la culasse: en chauffant, la culasse déplace légèrement les aimants et donc modifie la fréquence. La perte d'isochronisme est d'environ -100s/j.

[0091] Ces deux paramètres sont étudiés selon deux voies: méthodes numériques et mesures sur un prototype.

[0092] Lorsque les valeurs des pertes d'isochronisme sont parfaitement connues, des aimants seront produits afin de permettre de compenser ces erreurs d'isochronisme et donc d'atteindre une fréquence stable en température.

[0093] De manière surprenante, le fait de tenir compte du comportement en température des autres pièces (balancier, culasse) porte à choisir volontairement un coefficient de variation du Br de l'aimant, lié à sa composition, qui n'est pas forcément nul.

[0094] Avec des aimants non stabilisés en température, la perte d'isochronisme est de l'ordre de -45s/j/°C. Avec des aimants stabilisés en température grâce au gadolinium, la perte d'isochronisme peut atteindre une valeur inférieure à 0.6 s/j/°C.

[0095] Afin de mesurer les propriétés magnétiques de l'aimant et de la culasse, l'oscillateur avec le balancier et son axe est monté dans une enceinte sans ancre ni échappement. L'oscillateur est donc lancé depuis une position angulaire 9 définie. Une caméra, par exemple une caméra HAUTE VITESSE, suit un point de l'oscillateur afin d'obtenir la mesure de l'amplitude de l'oscillateur en fonction du temps et on détermine le facteur de qualité de l'oscillateur.

[0096] Dans une variante préférentielle cette enceinte est sous vide, afin d'éliminer le frottement de l'air et réaliser les mesures des pertes magnétiques, notamment des pertes par hystérésis. Ces pertes peuvent par exemple être déterminées par comparaison avec une simulation FEM du système magnétique qui intègre un modèle de pertes magnétiques. La mesure de la fréquence permet de déterminer la rémanence.

Brève description des figures

[0097] Des exemples de mise en œuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles:

- La fig. 1 illustre sous forme de schéma bloc un mouvement de montre selon l'invention.
- La fig. 2 illustre une vue par le dessus d'un exemple d'organe réglant magnétique.
- Les fig. 3A respectivement 3B illustrent une vue par le dessus respectivement par le dessous d'un mode de réalisation d'un mouvement de montre selon l'invention.
- La fig. 4 illustre une vue par le dessus de la deuxième chaîne de transmission et du deuxième organe réglant d'un mode de réalisation d'un mouvement de montre selon l'invention.
- La fig. 5 illustre une vue par le dessus de la première chaîne de transmission et du premier organe réglant d'un mode de réalisation d'un mouvement de montre selon l'invention.
- La fig. 6 illustre une vue en perspective du premier organe réglant d'un mode de réalisation d'un mouvement de montre selon l'invention.

- La fig. 7 illustre une vue en perspective du deuxième organe réglant d'un mode de réalisation d'un mouvement de montre selon l'invention.
- La fig. 8 illustre un exemple d'une relation non linéaire entre le couple de rappel C du balancier et la position angulaire 0 du balancier.
- La fig. 9 illustre un exemple d'un diagramme B-H du matériau dans lequel une culasse d'un organe réglant magnétique du mouvement de montre selon l'invention peut être réalisée.

Exemple(s) de mode de réalisation de l'invention

[0098] La fig. 1 illustre de manière schématique un mouvement de montre mécanique selon l'invention. Un mode de réalisation possible est illustré sur les fig. 3A et 3B, avec des détails des organes réglants dans les fig. 4 à 7.

[0099] Le mouvement illustré comporte une chaîne duale, c'est-à-dire un premier système de mesure du temps 1 destiné à la mesure et à l'affichage de l'heure courante, et un deuxième système de mesure du temps 2 destiné à la mesure et à l'affichage d'une durée chronométrée. Des chaînes de mesure peuvent aussi être prévues pour mesurer et afficher une deuxième mesure chronométrée, un deuxième fuseau horaire, etc.

[0100] Le premier système de mesure 1 comporte un barillet 13 avec une réserve de marche élevée, par exemple 40 heures ou davantage, dont l'énergie est transmise à une première chaîne de transmission 12 à base d'engrenages et/ou de courroies, afin d'entraîner des indicateurs du temps 1200 courant, par exemples des aiguilles d'heures, de minutes, de seconde, des disques de quantième, ou d'autres indicateurs permettant à l'utilisateur de déterminer l'heure courante. Le barillet 13 peut être remonté manuellement au moyen d'une couronne non illustrée et/ou automatiquement au moyen d'une masse oscillante 500, visible sur la fig. 3B.

[0101] Un échappement 11 permet de freiner et de réguler la chaîne de remontage 12 afin que les indicateurs se déplacent de façon isochrone. L'échappement peut par exemple être un échappement à ancre suisse, ou tout autre échappement approprié. L'échappement transmet une partie de l'énergie provenant du barillet 13 à un premier organe réglant 10 qui régule le fonctionnement de l'échappement. Le premier organe réglant effectue un premier nombre d'alternances par heure, par exemple 21 600 alternances par heure ou de 28 800 alternances par heure. Le nombre d'alternances du premier balancier est volontairement limité afin de garantir une réserve de marche suffisante du premier système de mesure.

[0102] De manière similaire, le deuxième système de mesure 2 comporte un barillet 23 dont l'énergie est transmise à une deuxième chaîne de transmission 22 à base d'engrenages et/ou de courroies, afin d'entraîner des indicateurs 2200 de durée chronométrée et d'afficher des durées mesurées par le chronographe entre l'appui sur un bouton de démarrage et l'appui sur un bouton d'arrêt du chronographe. Le barillet 23 peut être remonté manuellement au moyen d'une couronne non illustrée et/ou automatiquement au moyen d'une masse oscillante. Dans un mode de réalisation préférentiel, le deuxième barillet 23 est remonté par la même couronne et/ou par la même masse de remontage que le premier barillet 13. Il est aussi possible d'utiliser un seul barillet, ou ensemble de barillets, pour les deux systèmes de mesure. L'emploi de deux barillets, ou ensembles de barillets, distincts permet cependant d'éviter les perturbations du premier système de mesure lorsque le chronographe est enclenché, et de pouvoir utiliser le chronographe sans affecter la réserve de marche de la montre.

[0103] Un deuxième échappement 21 permet de freiner et de réguler la chaîne de remontage 22 afin que les indicateurs du chronographe se déplacent de façon isochrone. L'échappement 21 peut par exemple être un échappement à ancre suisse, ou tout autre échappement approprié. L'échappement transmet une partie de l'énergie provenant du barillet 23 à un deuxième organe réglant 20 qui régule le fonctionnement de l'échappement. L'axe du deuxième organe réglant, et du balancier s'il y a un balancier, effectue un deuxième nombre d'alternances par heure, par exemple 360 000 alternances par heure ou davantage. Le nombre d'alternances du deuxième organe réglant est volontairement élevé afin de garantir une précision et une résolution élevée du deuxième système de mesure, par exemple une résolution suffisante pour une mesure de durée avec une résolution de l'ordre du centième de seconde, ou même du millième de seconde.

[0104] Le deuxième organe réglant 20 est de préférence monté dans une cage en rotation et engrenant un pignon fixe. Une roue du tourbillon est également présente. Cette cage est dépourvue de piliers verticaux afin de permettre à un lanceur non illustré de donner une impulsion au balancier ou à toute autre partie de l'organe réglant quelle que soit la position angulaire du deuxième organe réglant, sans être gêné par ces piliers. Le deuxième tourbillon peut ainsi être arrêté et redémarré à loisir. Avantageusement la cage peut être gravée ou usinée, et comprendre des mots, des logos, des dessins, ainsi que différentes finitions, polie, satinée, micro-billée, etc.

[0105] Le deuxième organe réglant, bien que dépourvu de cage classique, constitue néanmoins un tourbillon, par exemple un tourbillon classique ou un carrousel. Le deuxième tourbillon effectue par exemple un tour complet en quelques secondes, par exemple un tour en 5 secondes ou en moins de 5 secondes.

[0106] Avantageusement le deuxième organe réglant 20 est un organe réglant magnétique. Un exemple d'un tel organe réglant est visible sur la fig. 2. Dans le contexte de cette invention l'expression «organe réglant magnétique» désigne un organe réglant comprenant:

- un balancier 201 comportant au moins un aimant mobile 210;
- un organe de rappel magnétique comportant au moins un aimant permanent fixe 202 coopérant avec cet aimant mobile 201 du balancier 201 de manière à générer un couple de rappel mécanique pour amener le balancier 201 vers au moins une position de repos, ou pour l'éloigner d'une position instable;
- de préférence, au moins une culasse 203 en matériau ferromagnétique pour concentrer le flux magnétique d'au moins un aimant permanent fixe 202.

[0107] Dans la variante illustrée sur les fig. 4 à 7 le balancier du premier ou de deuxième organe réglant peut avantageusement comprendre une pièce en forme de roue comprenant des rayons, par exemple quatre rayons dans les variantes illustrées, pour en augmenter l'inertie.

[0108] La culasse 203 du deuxième organe réglant 20 est agencée pour pouvoir tourner. Par exemple elle présente trois encoches 204, visible sur la fig. 2, pour pouvoir coopérer avec des éventuels piliers de cage du tourbillon. Elle tourne à la vitesse de rotation du tourbillon de cet organe réglant. Avantageusement la culasse 203 aussi peut être gravée ou usinée, et comprendre des mots, des logos, des dessins, ainsi que différentes finitions, polie, satinée, microbillée, etc.

[0109] L'utilisation d'un tourbillon dédié au chronographe est particulièrement utile puisque le chronographe est utilisé en présence de champs magnétiques externes, par exemple des champs magnétiques naturels ou artificiels.

[0110] Par ailleurs, un tourbillon s'avère avantageux dans le cadre d'un usage sportif durant lequel des chocs ou des vibrations viennent perturber l'organe réglant magnétique: sa mise en rotation favorise le lissage des erreurs.

[0111] Enfin la combinaison d'un tourbillon avec un organe réglant magnétique est une prouesse technique constituant une innovation dans le domaine de l'horlogerie qui est nouvelle et différente des mouvements de montre mécanique de l'art antérieur.

[0112] Le premier organe réglant 10 est de préférence monté dans une cage 100 en rotation et engrenant un pignon fixe, comme visible par exemple sur le fig. 5 et 6. Il s'agit donc d'un tourbillon, par exemple un tourbillon classique ou un carrousel. La cage 100 comporte des piliers 108 verticaux. Le premier tourbillon effectue par exemple un tour complet par minute.

[0113] Dans la variante illustrée sur les fig. 5 et 6 le premier organe réglant 10 est aussi un organe réglant magnétique, comprenant donc: comprenant:

- un balancier 101 comportant au moins un aimant mobile;
- un organe de rappel magnétique comportant au moins un aimant permanent fixe coopérant avec cet aimant mobile du balancier 101 de manière à générer un couple de rappel mécanique pour amener le balancier 101 vers au moins une position de repos ou pour l'écarter d'une position instable,
- de préférence, au moins une culasse 103 en matériau ferromagnétique doux pour concentrer le flux magnétique d'au moins un aimant permanent fixe.

[0114] Comme visible sur la fig. 3A, les axes des tourbillons des organes réglants 10 et 20 sont fixés au mouvement de la montre par des ponts 300, ayant de préférence une forme en L.

[0115] Dans une variante le deuxième organe réglant comporte un balancier 201 oscillant à une fréquence supérieure ou égale à 50 Hz. Dans une autre variante, le premier organe réglant comporte un balancier 101 oscillant à une fréquence égale à 4 Hz ou à un multiple de 4 Hz. Dans une variante préférentielle le premier organe réglant comporte un balancier oscillant à une fréquence égale à 12 Hz. Cette fréquence est privilégiée par rapport à des fréquences inférieures comme 4 Hz, 8 Hz ou 10 Hz, utilisées dans les mouvements connus, car elle est plus élevée, permettant donc une meilleure stabilité de l'organe réglant, et peut être aisément obtenue à partir d'une fréquence moins élevée avec un système de démultiplication. En outre elle est inhabituelle dans des mouvements mécaniques connus.

[0116] Dans une variante préférentielle la fréquence de rotation du tourbillon du deuxième organe réglant 20 est supérieure ou égale à 1 tour toutes les 5 secondes.

[0117] Le mouvement de montre comporte un bouton de démarrage non représenté pour lancer la mesure d'une durée chronométrée au moyen du deuxième système de mesure du temps 2, et un lanceur non représenté pour actionner la mise en rotation du deuxième tourbillon lorsque le bouton de démarrage est pressé. Le deuxième système de mesure du temps, et en particulier le deuxième tourbillon, peut ainsi être arrêté lorsque le chronographe n'est pas utilisé, et démarré quasi instantanément grâce au lanceur lorsque le chronographe est démarré. Le lanceur comporte un élément déformable élastiquement, par exemple une lame ressort, pour accumuler de l'énergie et la restituer presque instantanément lorsque le bouton de démarrage est actionné.

[0118] Le lanceur peut être agencé pour se déplacer à la manière d'un fouet dans un plan différent de celui du balancier 201 du deuxième organe réglant 20. Ainsi, l'encombrement planaire de l'ensemble lanceur-balancier est minimal, puisqu'au minimum une partie du lanceur peut se trouver au-dessus ou au-dessous du balancier. Le lanceur peut être appuyé contre le balancier 201, contre l'axe de ce balancier, ou contre un moyeu de cet axe lorsque le chronographe est arrêté, afin de bloquer cet axe.

[0119] Le lanceur peut être relevé lorsque le chronographe est armé, et relâché pour fouetter l'axe du deuxième organe réglant et lui donner une impulsion pour le mettre en rotation de façon quasi instantanée lorsque le bouton de démarrage

du chronographe est actionné. Dans une variante, le chronographe n'a pas besoin d'être armé et le lanceur se contente de donner une impulsion lorsque le bouton de démarrage du chronographe est actionné.

[0120] Le deuxième système de mesure du temps peut comporter un organe réglant 20, magnétique ou pas, dépourvu de balancier 201 afin de pouvoir osciller à des fréquences très élevées, de l'ordre de grandeur de 500 Hz ou davantage, comme décrit par exemple dans WO 2012/127 016.

[0121] Dans ce cas le lanceur peut être agencé pour donner une impulsion sur l'axe de l'organe de rappel magnétique (le rotor) lorsque le bouton de démarrage est actionné. Le lanceur peut être agencé pour donner une impulsion aussi sur un moyeu ou une portée de cet axe lorsque le bouton de démarrage est actionné.

[0122] Dans le cas d'un organe réglant magnétique, avec ou sans balancier, le lanceur est avantageusement réalisé dans un matériau amagnétique.

[0123] Comme visible sur les fig. 3A et 3B, les deux organes réglants sont de préférence montés sur un même bâti ou platine, et visibles depuis la même face du mouvement 1 ou depuis les deux faces du mouvement.

[0124] La fig. 8 illustre un exemple d'une relation non linéaire entre le couple de rappel C du balancier et la position angulaire θ du balancier.

[0125] WO 2011/051 498 enseigne que la forme de la culasse et des aimants doit être déterminée par calcul et simulation numérique afin de garantir la linéarité le couple de rappel C du balancier et la position angulaire θ du balancier ($C \propto \theta$). WO 2011/051 497 suggère également que le couple de rappel mécanique doit varier de manière sensiblement continue et linéaire en fonction de la déviation angulaire du balancier par rapport à la position de repos. La linéarité entre le couple de rappel C du balancier et la position angulaire θ du balancier est représentée sur la fig. 9 par la ligne pointillée.

[0126] La demanderesse a découvert de façon surprenante et inattendue que cette relation linéaire n'est pas une condition nécessaire pour déterminer la forme de la culasse et des aimants. En effet une oscillation anisochrone peut aussi être obtenue avec une relation non linéaire entre le couple de rappel C du balancier et la position angulaire θ du balancier, comme visible sur la fig. 9.

[0127] Cette découverte ne limite plus le choix des formes à utiliser pour la culasse et des aimants, et permet d'écarter des formes peu pratiques à réaliser et qui présentent des points d'inflexion ou des pointes dans lesquels le champ magnétique se concentre ou présente des discontinuités.

[0128] Il est possible donc de réaliser des culasses et des aimants avec un plus grand nombre de degrés de liberté, en choisissant par exemple des formes plus arrondies et/ou douces et/ou moins encombrantes et/ou moins difficiles à réaliser.

[0129] En effet pour avoir un fonctionnement quasi isochrone de l'organe réglant, c'est-à-dire que la période d'oscillation est quasiment indépendante de son amplitude, il n'est plus nécessaire d'imposer que le couple de rappel C du balancier varie de manière proportionnelle ou sensiblement proportionnelle à la position angulaire θ du balancier. Il suffit tout simplement d'imposer que la différence entre les fréquences d'oscillation de l'organe réglant correspondant à l'amplitude maximale d'oscillation du balancier dans le cas de barillet déchargé et de barillet chargé $\theta_{\max 1}$ et $\theta_{\max 2}$ du balancier soit nulle et calculer par calcul et simulation numérique la relation entre le couple C et la position angulaire θ qui permette de satisfaire la relation suivante:

$$\left| f_{\theta_{\max 2}} - f_{\theta_{\max 1}} \right| \rightarrow 0 \quad (1)$$

[0130] Il existe une famille des courbes non linéaires qui permettent de satisfaire la relation (1), à chaque courbe correspondant une forme de culasse et des aimants, qui est déterminée à l'aide d'un algorithme reliant l'allure de chaque courbe C- θ aux formes recherchées.

[0131] Il est donc possible d'augmenter sensiblement les formes possibles pour les aimants permanents fixes, pour les aimants mobiles (permanents ou ponctuels) afin d'assurer cette relation non linéaire. La culasse participe également à la génération du champ magnétique de rappel du balancier. Sa forme, ainsi que la forme de l'entrefer entre la culasse et le balancier, peuvent être choisies avec plus de degrés de liberté sans être contraintes par la relation entre le couple de rappel et la déviation angulaire.

[0132] Selon une caractéristique de l'invention, ce choix d'une relation non linéaire entre le couple de rappel C et la déviation θ peut s'appliquer à tout organe réglant, y compris un organe réglant sans tourbillon, un organe réglant pour chronographe, pour la mesure de l'heure courante, etc. L'invention concerne donc un mouvement de montre comportant un organe réglant magnétique dans lequel la relation entre le couple de rappel C et la déviation du balancier est non linéaire, tout en garantissant que la fréquence d'oscillation du balancier soit constante quelle que soit l'amplitude maximale de l'oscillation.

[0133] Dans une variante préférentielle le mouvement selon l'invention comprend une platine et/ou un pont en un matériau amagnétique, ce qui améliore la précision et la stabilité de l'oscillation des organes réglants magnétiques d'au moins un facteur 10.

[0134] De préférence ce matériau amagnétique est un alliage nickel-phosphore, comprenant entre 10% à 12% de phosphore. Cet alliage peut être obtenu par réduction auto-catalytique d'un sel de nickel par l'hypophosphite de sodium dans un bain en milieu aqueux, sans faire appel pour cette réaction à aucun courant électrique. A la sortie du bain, ce matériau est complètement amagnétique.

[0135] Il est connu qu'un matériau magnétique peut avoir trois types de pertes magnétiques, c'est-à-dire des dissipations d'énergie qui généralement ne sont pas récupérables:

- Les pertes par hystérésis;
- Les pertes par courant de Foucault;
- Les pertes résiduelles ou pertes par traînage.

[0136] En faisant des tests, la demanderesse a remarqué que pour le mouvement faisant l'objet de l'invention, notamment pour la culasse, les deux dernières pertes sont négligeables par rapport aux premières.

[0137] Les pertes par hystérésis correspondent au travail nécessaire pour parcourir lentement le diagramme B-H, visible sur la fig. 9, du matériau de la culasse. Elles sont en générale mesurée en W/kg ou W/m³. La demanderesse a découverte que la différence entre la fréquence d'oscillation d'un organe réglant magnétique simulée et celle mesurée était due à la présence de ces pertes.

[0138] En effet, en remplaçant le matériau de la culasse sous test (AFK502) avec un matériau plus doux, avec des faibles pertes par hystérésis, non seulement la fréquence d'oscillation de l'organe réglant magnétique simulée était proche de celle mesurée, mais aussi que le facteur de qualité de l'organe réglant améliorait sensiblement, en passant de 80 à 200.

[0139] Dans une variante préférentielle la culasse est réalisée dans un matériau ayant une valeur de pertes par hystérésis inférieur à 1 W/Kg (pour une fréquence d'oscillation de 50 Hz et un champ magnétique de 1,5 T ou T), par exemple 0.9 W/kg.

[0140] Dans une variante préférentielle ce matériau est un alliage comprenant un pourcentage en masse de nickel égal à 50% de nickel et un pourcentage en masse de fer égal à 50% (ou Permenorm®).

[0141] Dans une variante préférentielle les aimants (mobiles et/ou fixes) de l'organe réglant magnétiques ont une magnétisation anisotrope, afin de garantir la direction de magnétisation: en effet un aimant anisotrope ne peut être magnétisé que dans une seule direction.

[0142] Dans une autre variante préférentielle les aimants ont une valeur élevée de champ coercitif H_c, notamment H_c > 400 kA/m, afin d'éviter la démagnétisation causée par des champs externes.

[0143] Dans une autre variante préférentielle les aimants ont une courbe de démagnétisation linéaire, afin d'éviter démagnétisation causée par des circuits magnétiques. Cette courbe est également nécessaire pour maximiser le champ d'induction après une magnétisation de l'aimant hors du circuit magnétique.

[0144] Avantageusement, afin de compenser l'effet de la température sur la fréquence d'oscillation, causée par la dilatation du balancier et des autres composants, par exemple de la culasse, la demanderesse a découvert que l'utilisation pour ces aimants d'une combinaison de matériaux magnétiques dont les propriétés ferromagnétiques et paramagnétiques évoluent à température différentes, permet d'obtenir des aimants avec une variant souhaitée de la rémanence en fonction de la température. Cette variation peut être positive ou négative sur la plage de température horlogère -20 °C - +70 °C.

[0145] Avantageusement, à la différence de ce qui est suggéré dans WO 2011/051 498, la demanderesse a découvert qu'il est possible d'utiliser pour les aimants des matériaux frittés, qui peuvent être usinés par électroérosion au fil, avec un système de compensation interne ou intrinsèque des variations de température liée au matériau de ces aimants.

[0146] Dans une variante préférentielle en effet les aimants permanents fixes et/ou ceux mobiles comprennent un alliage samarium-cobalt. Cet alliage peut être du grade SmCo₅ (1 atome de samarium pour 5 atomes de cobalt) ou du grade Sm₂Co₁₇ (2 atome de samarium pour 17 atomes de cobalt), le premier présentant une rémanence plus faible, mais étant plus facile à travailler.

[0147] Dans une variante préférentielle cet alliage comprend aussi du gadolinium, en un pourcentage en masse compris entre 35% et 55%.

[0148] Les deux grades ci-dessus peuvent en effet être alliés à du gadolinium pour compenser les effets de la température sur la rémanence, avec toutefois des proportions différentes.

[0149] Sans gadolinium la variation de la rémanence Br en température est de l'ordre de -420ppm / °C pour le SmCo₅ et de -350ppm / °C pour le Sm₂Co₁₇, ce qui correspond à une variation de marche de la montre en température d'environ 36.3 sec/ jour /°C pour le SmCo₅ et d'environ 30.2 sec / j /°C pour le Sm₂Co₁₇.

[0150] Grâce à l'ajout du gadolinium, le comportement en température de l'organe réglant magnétique améliore sensiblement, en permettant d'obtenir une variation de marche de la montre en température d'environ -3 à +3 sec/jour/°C.

[0151] Pour affiner d'avantage la variation de marche de la montre en température, il est possible d'étudier le comportement des autres pièces du mouvement en température (notamment la dilatation de la culasse et du balancier) et ajuster la composition des aimants, notamment l'ajout du gadolinium, pour compenser ces autres phénomènes qui sont de l'ordre

de quelques sec/jour/°C. Ces ajustements correspondent à un changement de quelques % de gadolinium dans l'alliage. En ajoutant davantage de gadolinium, la «force» de l'aimant augmente avec la température.

[0152] L'invention propose donc d'étudier tout d'abord l'influence de la température sur l'isochronisme provenant des autres éléments du système, puis de les compenser avec la variation de gadolinium des aimants. Comme discuté, deux éléments du système ont un comportement en température qui peut influencer l'isochronisme:

- La dilatation du balancier: en chauffant, l'inertie du balancier augmente. La fréquence est donc plus faible. La perte d'isochronisme est de l'ordre de -80 à -100s/j;
- La dilatation de la culasse: en chauffant, la culasse déplace légèrement les aimants et donc modifie la fréquence. La perte d'isochronisme est d'environ -100s/j.

[0153] Ces deux paramètres sont étudiés selon deux voies: méthodes numériques et mesures sur un prototype.

[0154] Lorsque les valeurs des pertes d'isochronisme sont parfaitement connues, des aimants seront produits afin de permettre de compenser ces erreurs d'isochronisme et donc d'atteindre une fréquence stable en température.

[0155] De manière surprenante, le fait de tenir compte du comportement en température des autres pièces (balancier, culasse) porte à choisir volontairement un coefficient de variation du Br de l'aimant, lié à sa composition, qui n'est pas forcément nul.

[0156] Avec des aimants non stabilisés en température, la perte d'isochronisme est de l'ordre de -45s/j/°C. Avec des aimants stabilisés en température grâce au gadolinium, la perte d'isochronisme peut atteindre une valeur inférieure à 0.6 s/j/°C.

[0157] Afin de mesurer les propriétés magnétiques de l'aimant et de la culasse, l'oscillateur avec le balancier et son axe est monté dans une enceinte sans ancre ni échappement. L'oscillateur est donc lancé depuis une position angulaire 9 définie. Une caméra, par exemple une caméra HAUTE VITESSE, suit un point de l'oscillateur afin d'obtenir la mesure de l'amplitude de l'oscillateur en fonction du temps et on détermine le facteur de qualité de l'oscillateur.

[0158] Dans une variante préférentielle cette enceinte est sous vide, afin d'éliminer le frottement de l'air et réaliser les mesures des pertes magnétiques, notamment des pertes par hystérésis. Ces pertes peuvent par exemple être déterminées par comparaison avec une simulation FEM du système magnétique qui intègre un modèle de pertes magnétiques. La mesure de la fréquence permet de déterminer la rémanence.

Numéros de référence employés sur les figures

[0159]

1	Premier système de mesure du temps
2	Deuxième système de mesure du temps
10	Premier organe réglant
11	Premier échappement
12	Première chaîne de transmission
13	Premier barillet
20	Deuxième organe réglant
21	Deuxième échappement
22	Deuxième chaîne de transmission
13	Deuxième barillet
100, 200	Cage
101, 201	Balancier
202	Aimants permanents fixes
103, 203	Culasse
204	Encoche de la culasse
205	Fourchette de l'ancre
106, 206	Roue d'ancre

207	Entrefer
108	Palier de cage
209	Roue du tourbillon
210	Aimants permanents mobiles
211	Axe du balancier
113	Ancre d'échappement
220	Portion périphérique des aimants permanents fixes 202
221	Portion centrale des aimants permanents fixes 202
300	Pont
500	Masse oscillante
1000	Mouvement
1200	Premier ensemble d'indicateurs
2200	Deuxième ensemble d'indicateurs
C	Couple de rappel C du balancier
θ	Position angulaire du balancier
B	Induction magnétique
H	Champ magnétique
B_r	Induction magnétique rémanente
H_c	Champ magnétique coercitif

Revendications

- Mouvement de montre mécanique comportant:
 - un premier système de mesure du temps (1) comportant un premier organe réglant (10), une première chaîne de transmission (12) et un premier ensemble d'indicateurs (1200) pour indiquer l'heure courante;
 - un deuxième système de mesure du temps (2) comportant un deuxième organe réglant (20), une deuxième chaîne de transmission (22) et un deuxième ensemble d'indicateurs (2200) pour indiquer une durée chronométrée;
 - le deuxième organe réglant (20) comportant un tourbillon; caractérisé en ce que ledit deuxième organe réglant (20) est un organe réglant magnétique.
- Mouvement de montre selon la revendication 1, ledit deuxième organe réglant (20) magnétique comprenant
 - un balancier (201) comportant au moins un aimant mobile (210);
 - un organe de rappel magnétique comportant au moins un aimant permanent fixe (202) coopérant avec ledit aimant mobile (210) du balancier (201), de manière à générer un couple de rappel mécanique sur ledit balancier (201);
 - un échappement (205, 206) pour transmettre au balancier des impulsions afin de mouvoir ledit balancier (1);
 - au moins une culasse (203) en matériau ferromagnétique pour concentrer le flux magnétique d'au moins un dit aimant permanent fixe (202).
- Mouvement de montre selon la revendication 2, ladite culasse (203) étant agencée pour pouvoir tourner par rapport au mouvement.
- Mouvement de montre selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la première chaîne de transmission (12) est liée cinématiquement au premier organe réglant (10) et au premier ensemble d'indicateurs (1100) pour indiquer l'heure courante, de manière à ce que le premier organe réglant (10) règle la marche des indicateurs du premier ensemble (1100) au travers de la première chaîne de transmission (12), et dans lequel la deuxième chaîne de transmission (22) est liée cinématiquement au deuxième organe réglant (20) et au deuxième ensemble d'indicateurs (2200) pour indiquer une durée chronométrée, de manière à ce que le deuxième organe réglant (20) règle la marche des indicateurs du deuxième ensemble (2200) au travers de la deuxième chaîne de transmission (22).
- Le mouvement de montre selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel le premier organe réglant (10) comporte un autre tourbillon.

6. Le mouvement de montre selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel le premier organe réglant (10) est un organe réglant magnétique.
7. Le mouvement de montre selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le premier organe réglant (10) oscille à une première fréquence d'oscillation et le deuxième organe réglant (20) oscille à une deuxième fréquence d'oscillation supérieure à la première fréquence d'oscillation.
8. Le mouvement de montre selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel le deuxième organe réglant (20) comporte un balancier (201) oscillant à une fréquence supérieure ou égale à 50 Hz.
9. Le mouvement de montre selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel le premier organe réglant (10) comporte un balancier (101) oscillant à une fréquence égale à 4 Hz ou à un multiple de 4 Hz.
10. Le mouvement de montre selon la revendication 9, dans lequel le premier organe réglant (10) comporte un balancier (101) oscillant à une fréquence égale à 12 Hz.
11. Le mouvement de montre selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel la durée de rotation du premier tourbillon est supérieure à la durée de rotation du deuxième tourbillon.
12. Le mouvement de la revendication 11, dans lequel la fréquence de rotation du deuxième tourbillon est supérieure ou égale à 1 tour toutes les 5 secondes.
13. Le mouvement de montre selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel le premier système de mesure du temps (1) comporte un premier barillet (13) et le deuxième système de mesure du temps (2) comporte un deuxième barillet (23) agencé pour être déchargé indépendamment du premier barillet lorsque le chronographe est démarré.
14. Le mouvement de montre selon l'une des revendications 1 ou 13, dans lequel ledit deuxième système de mesure du temps (2) comporte un deuxième balancier (201), et dans lequel un lanceur est agencé pour donner une impulsion afin de démarrer ledit balancier (201) lorsqu'un bouton de démarrage est pressé, et pour bloquer ledit balancier (201) à l'arrêt du chronographe.
15. Le mouvement de montre selon l'une des revendications 1 à 14, dans lequel les deux tourbillons sont visibles simultanément sur la même face du mouvement (1000).
16. Le mouvement de montre selon l'une des revendications 10 à 15, dans lequel la relation entre le couple de rappel (C) du balancier (101, 201) et la position angulaire (9) du balancier (101, 201) est non-linéaire.
17. Le mouvement de montre selon l'une des revendications 1 à 16, comprenant une platine et/ou un pont en un matériau amagnétique.
18. Le mouvement de montre selon la revendication 17, ledit matériau amagnétique étant un alliage nickel-phosphore.
19. Le mouvement de montre selon la revendication 18, ledit alliage nickel-phosphore comprenant entre 10% à 12% de phosphore, ledit alliage étant obtenu par réduction auto-catalytique d'un sel de nickel.
20. Le mouvement de montre selon l'une des revendications 2 à 19, ladite culasse (203) étant réalisée dans un matériau ayant une valeur de pertes par hystérésis inférieur à 1 W/Kg.
21. Le mouvement de montre selon la revendication 20, ledit matériau étant un alliage comprenant un pourcentage en masse de nickel égal à 50% de nickel et un pourcentage en masse de fer égal à 50%.
22. Le mouvement de montre selon l'une des revendications 2 à 21, ledit aimant permanent fixe (202) et/ou ledit aimant mobile (201) comprenant un alliage samarium-cobalt et du gadolinium.
23. Le mouvement de montre selon la revendication 22, comprenant un pourcentage en masse de gadolinium compris entre 35% et 55%.
24. Le mouvement de montre selon l'une des revendications 22 ou 23, comprenant l'alliage du grade SmCo_5 ou du grade $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$.

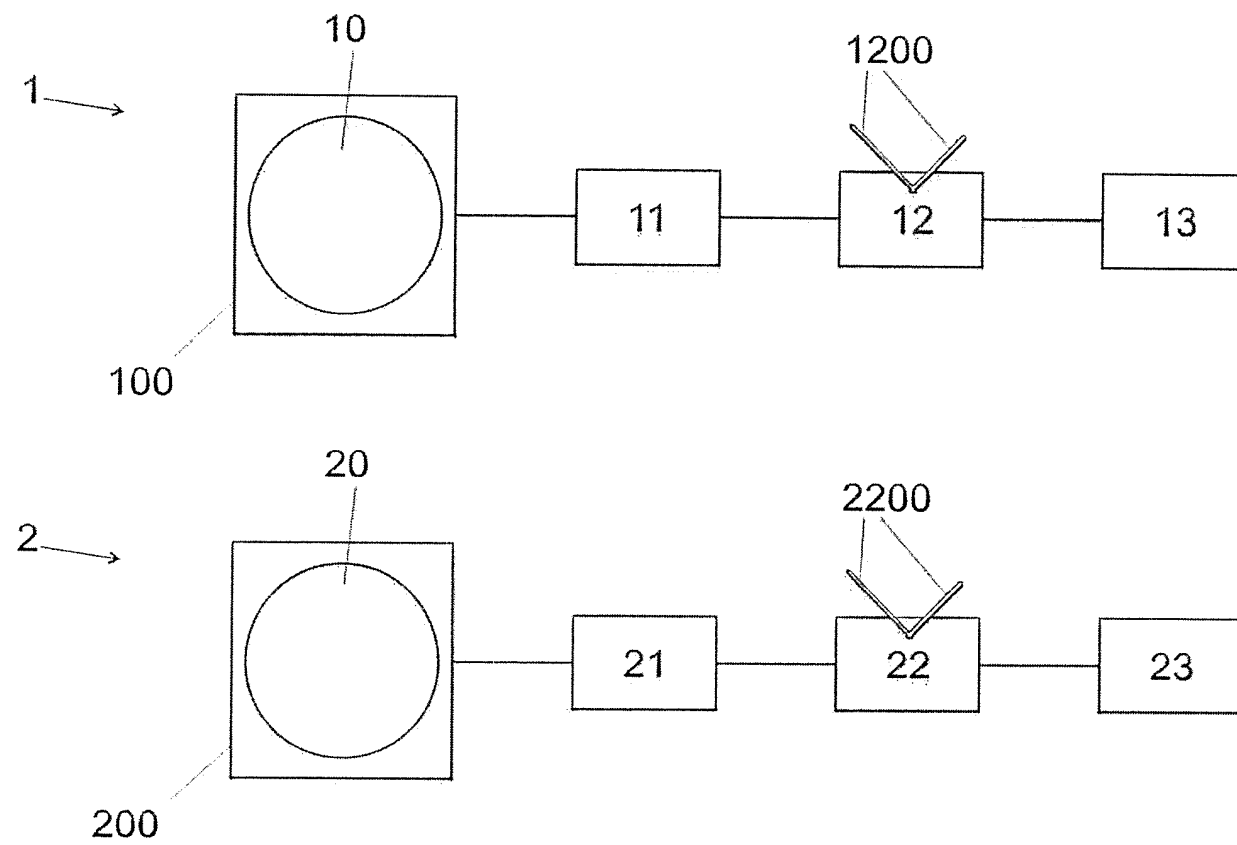


Fig.1

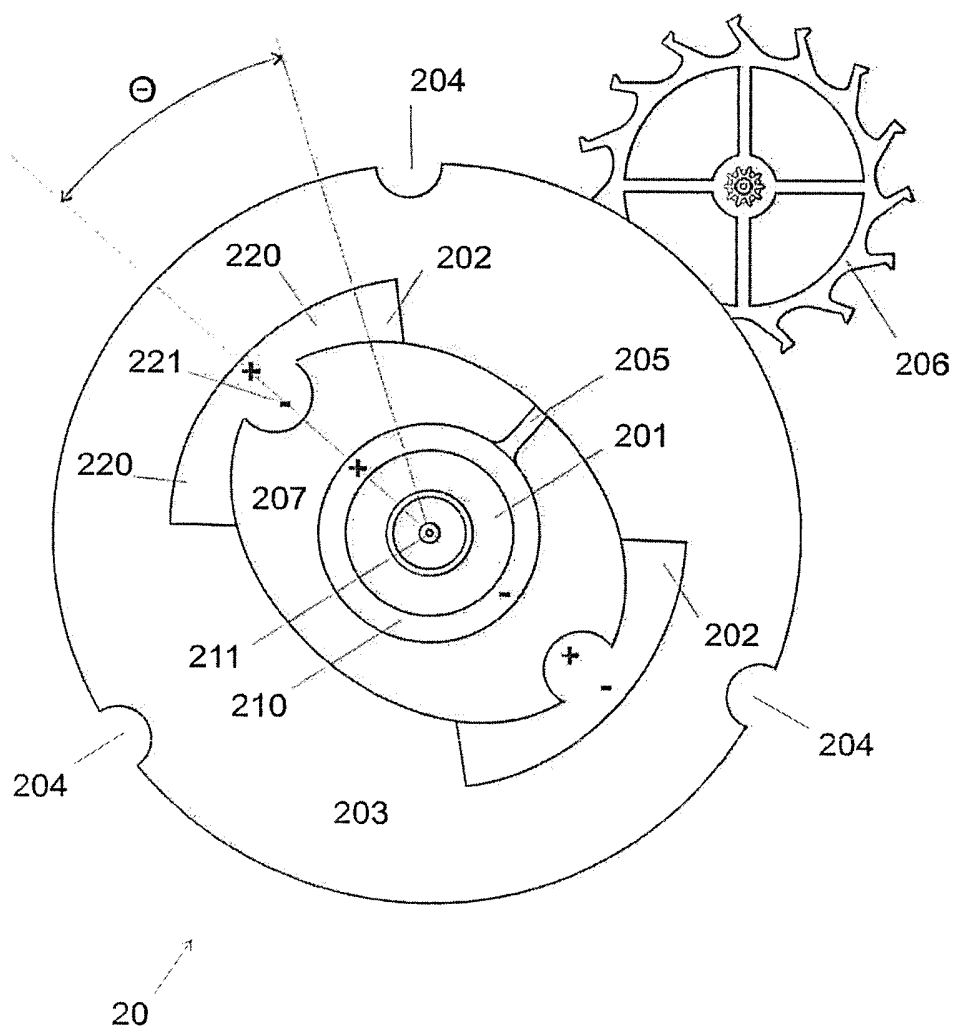


Fig.2

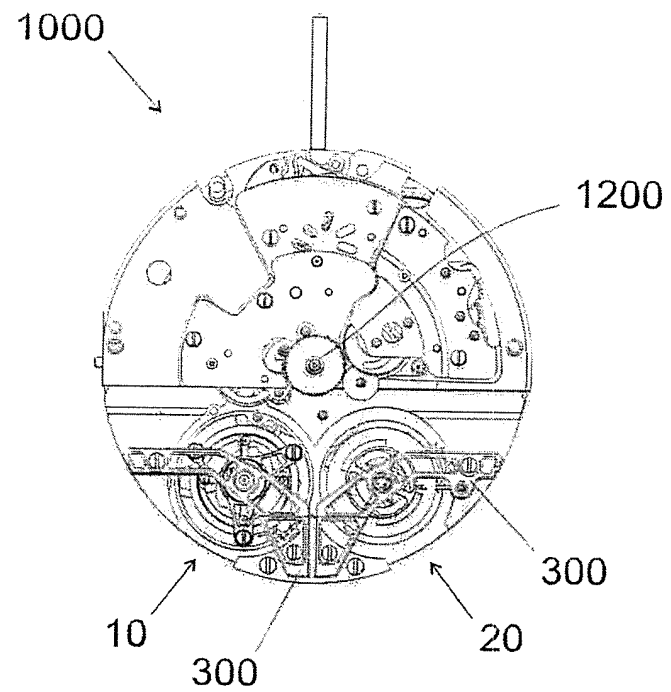


Fig.3A

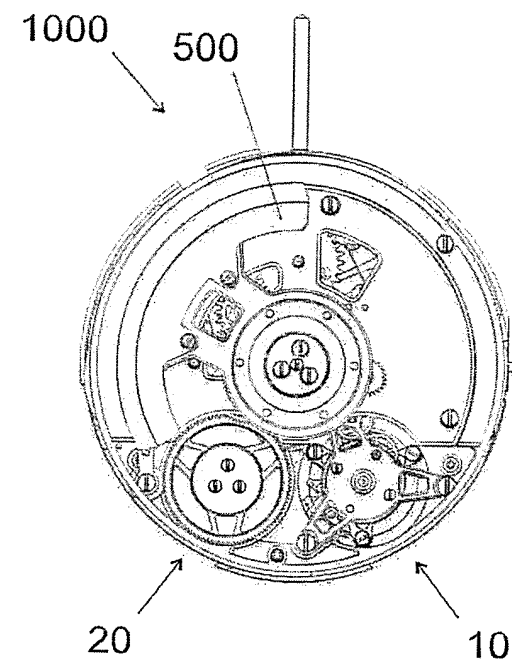


Fig.3B

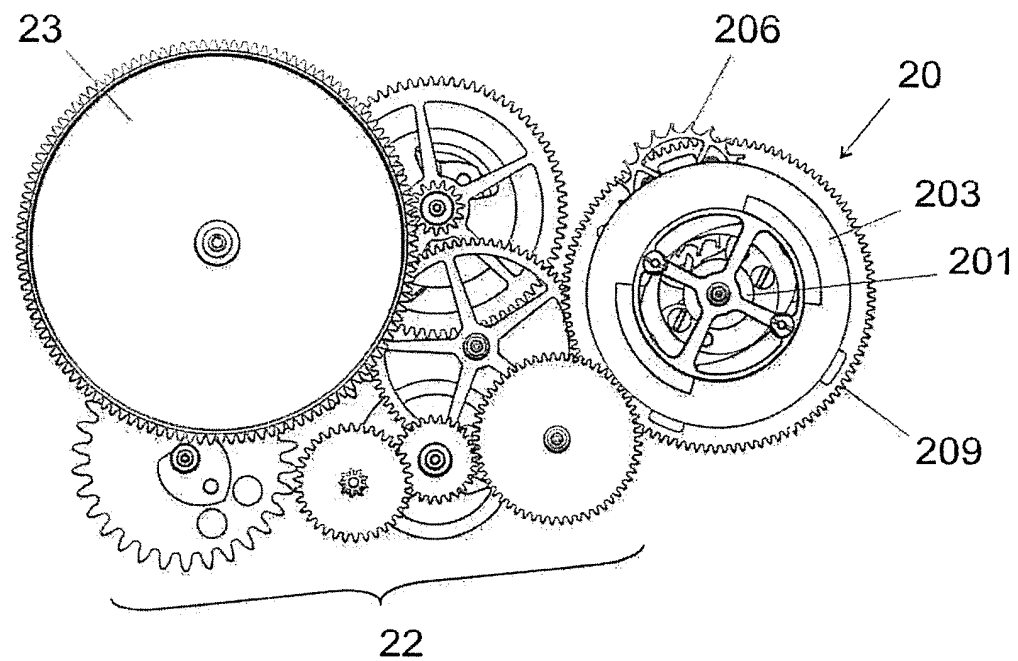


Fig.4

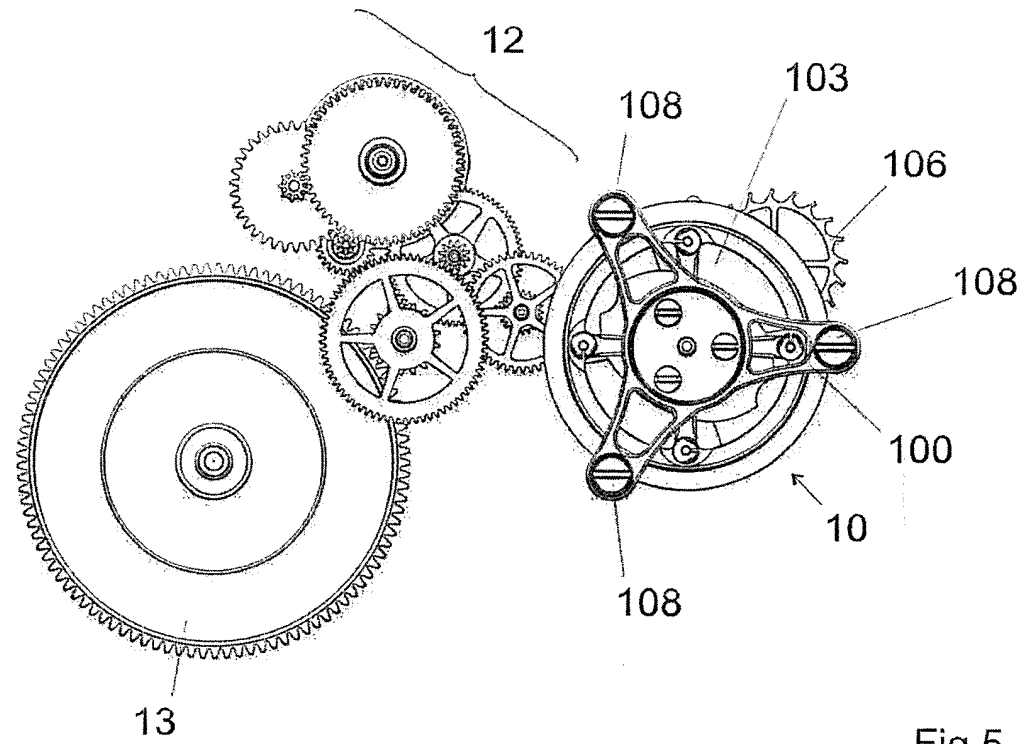


Fig.5

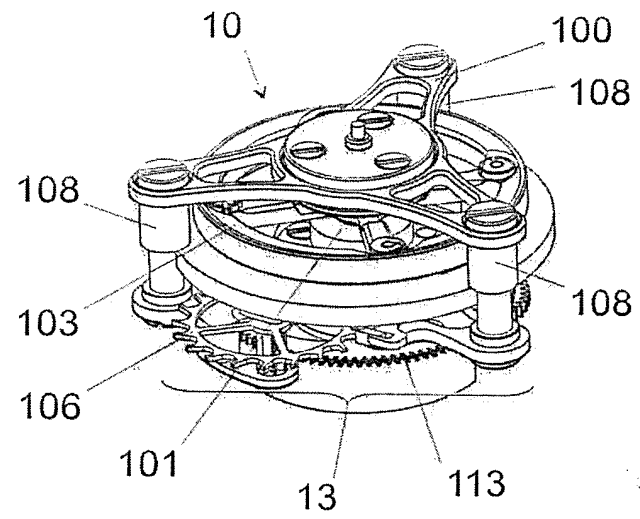


Fig.6

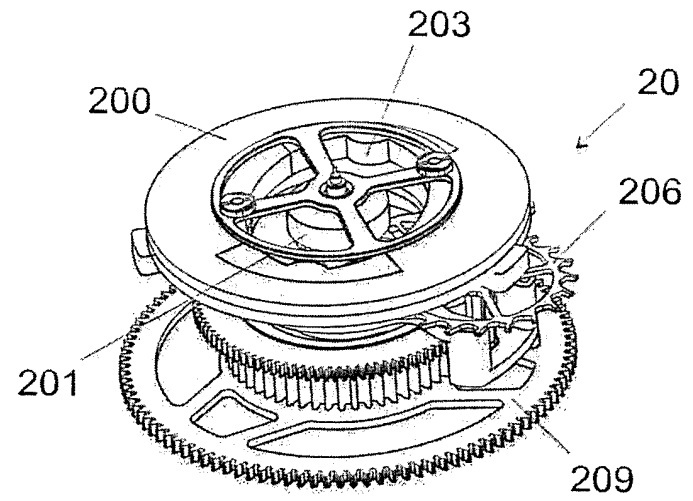


Fig.7

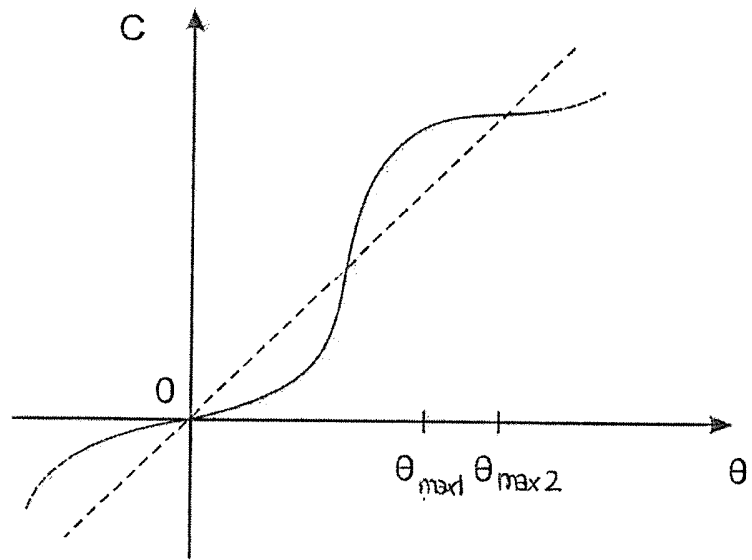


Fig.8

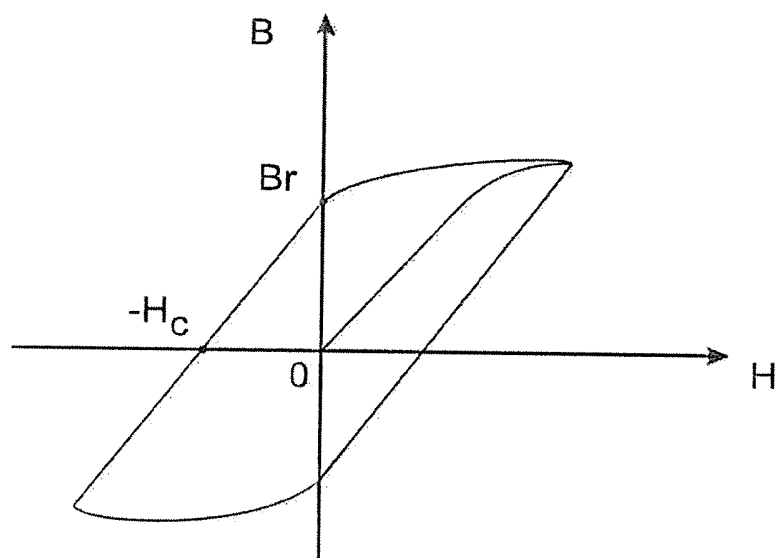


Fig.9

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE		COTE DU DOSSIER DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE	
		TAG-93-CH	
Demande nationale n°		Date du dépôt	
846/2013		24-04-2013	
Pays du dépôt		Date de priorité revendiquée	
CH			
Déposant (Nom)			
LVMH Swiss Manufactures SA			
Date de la requête d'une recherche de type international		Numéro donné par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international	
17-09-2013		SN 60642	
I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)			
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB			
G04B17/28		G04F7/08	
II. DOMAINES RECHERCHES			
Documentation minimale consultée			
Système de classification		Symboles de la classification	
IPC	G04B	G04F	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés			
III. ☐ IL A ETE ESTIME QUE CERTAINES REVENDICATIONS			
NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)			
IV. ☐ ABSENCE D'UNITE DE L'INVENTION (Observations sur la feuille supplémentaire)			

Form PCT/ISA 201 A (11/2000)

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche no:

CH 8452013

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G04B17/28 G04F7/08 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G04B G04F		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où des documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	GB 06858 A A.D. 1906 (DOUGLAS WILLIAM HENRY) 3 janvier 1907 (1907-01-03) * page 2 - page 3; figure 1 *	1-24
A	CH 697 529 B1 (MONTRES BREGUET SA [CH]) 28 novembre 2008 (2008-11-28) * page 3; figures 1-4 *	1-24
A,D	WO 2006/045624 A2 (TAG HEUER SA [CH]; HOULON THOMAS [CH]) 4 mai 2006 (2006-05-04) cité dans la demande * alinéa [0123]; figures 1-21 *	1-24
A,D	EP 1 333 345 A1 (TAG HEUER SA [CH]) 6 août 2003 (2003-08-06) cité dans la demande * abrégé; figures 1-8 *	1-24
☐ Voir la suite du texte (i) pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou sur la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (belle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tout autre moyen "P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et incorporant par référence le principal ou la partie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est étendu à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "S" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée 3 février 2014		Date d'expédition du rapport de recherche de type international - 7 FEB 2014
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patenlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040 Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Mérimeche, Habib

Formule PC7084-001 (septembre 2004; janvier 2006)

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n°

CH 8462013

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 190606858	A	03-01-1907	AUCUN
CH 697529	B1	28-11-2008	AUCUN
WO 2006045824	A2	04-05-2006	AT 481662 T 15-10-2010 AT 557328 T 15-05-2012 CN 101091141 A 19-12-2007 EP 1805566 A2 11-07-2007 EP 2282240 A2 09-02-2011 HK 1113830 A1 28-09-2012 JP 4607966 B2 05-01-2011 JP 2008518221 A 29-05-2008 KR 20070067732 A 28-06-2007 RU 2356079 C2 28-05-2009 US 2007201317 A1 30-08-2007 WO 2006045824 A2 04-05-2006
EP 1333345	A1	06-08-2003	AT 308068 T 15-11-2005 AT 390654 T 15-04-2008 AU 2003201592 A1 02-09-2003 CH 697015 A5 14-03-2008 CH 697016 A5 14-03-2008 DE 60225779 T2 18-06-2009 DE 60302040 D1 01-12-2005 DE 60302040 T2 27-07-2006 EP 1333345 A1 06-08-2003 EP 1470452 A2 27-10-2004 JP 4505054 B2 14-07-2010 JP 2005526958 A 08-09-2005 TW 1276930 B 21-03-2007 US 2005007888 A1 13-01-2005 US 2011164474 A1 07-07-2011 US 2011164476 A1 07-07-2011 US 2011164477 A1 07-07-2011 WO 03065130 A2 07-08-2003

Publication PCT/EP/2013 (inventeur - famille de brevets) (Janvier 2014)