

(19)



(11)

EP 4 386 487 A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
19.06.2024 Bulletin 2024/25

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04B 17/06 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **24171797.4**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04B 17/063

(22) Date de dépôt: **23.10.2012**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

- **BOULENGUIEZ, Benoît**
74250 Viuz-en-Sallaz (FR)
- **CIMPRICH, Thomas**
1020 Renens (CH)
- **BEHREND, Raoul**
1260 Nyon (CH)

(30) Priorité: **24.10.2011 EP 11405342**

(62) Numéro(s) de document de la (des) demande(s) initiale(s) en application de l'article 76 CBE:
12783915.7 / 2 771 743

(74) Mandataire: **Moinas & Savoye SARL**
27, rue de la Croix-d'Or
1204 Genève (CH)

(71) Demandeur: **ROLEX SA**
1211 Genève 26 (CH)

Remarques:

Cette demande a été déposée le 23-04-2024 comme demande divisionnaire de la demande mentionnée sous le code INID 62.

(72) Inventeurs:
• **BERTRAND, Jean-Louis**
74160 Feigères (FR)

(54) **OSCILLATEUR DE MOUVEMENT HORLOGER**

(57) Oscillateur (10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 ; 70) comprenant un spiral (11 ; 21 ; 31 ; 41 ; 51 ; 61 ; 71) en matériau paramagnétique ou diamagnétique et un balancier assemblé (12 ; 22 ; 32 ; 42 ; 52 ; 62 ; 72) comprenant un arbre (13 ; 23 ; 33 ; 43 ; 53 ; 63 ; 73) en acier sur lequel sont montés les éléments suivants : un balancier (14 ; 24 ; 34 ; 44 ; 54 ; 64 ; 74), un plateau (15 ; 25 ; 35 ; 45 ; 55 ; 65 ; 75) et une virole (16 ; 26 ; 36 ; 46 ; 56 ; 66 ; 76)

solidaire dudit spiral (11 ; 21 ; 31 ; 41 ; 51 ; 61 ; 71), caractérisé en ce que le diamètre maximal (Dmax) de l'arbre est égal au diamètre minimal (D1) de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments et égal au diamètre maximal (D2) de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments, le diamètre minimal (D1) de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments étant de l'ordre de 0.5 mm ou de l'ordre de 0.4 mm ou de l'ordre de 0.3 mm.

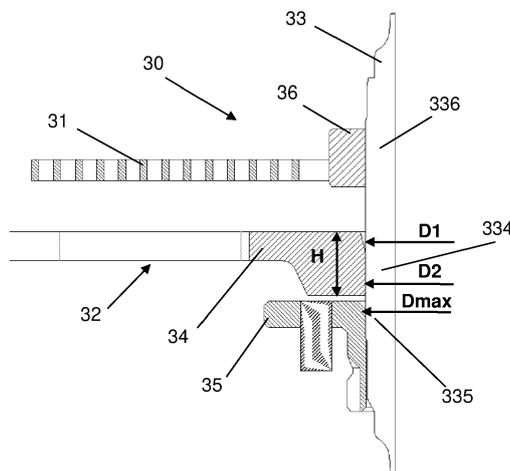


Figure 7

EP 4 386 487 A2

Description

[0001] L'invention concerne un oscillateur d'un mouvement horloger. L'invention concerne aussi un mouvement horloger et une pièce d'horlogerie comprenant un tel oscillateur.

[0002] La précision de marche des montres mécaniques dépend de la stabilité de la fréquence de l'oscillateur qui est constitué d'un balancier et d'un spiral. Toutefois, cette fréquence est perturbée si la montre est exposée à un champ magnétique, si bien qu'une différence de marche avant et après magnétisation du mouvement est constatée. Cette différence de marche peut être négative ou positive. Quelle que soit son signe, cette différence est appelée « effet résiduel » ou « marche résiduelle » et est mesurable selon la norme NIHS 90-10. Cette norme vise à certifier des montres-bracelets présentant un bon comportement chronométrique suite à une exposition à un champ magnétique de 4.8 kA/m (60 G). Toutefois, le porteur de la montre peut être amené à rencontrer dans son quotidien des champs magnétiques d'intensités bien supérieures, de l'ordre de 32 kA/m (400G). Il convient donc de minimiser cet effet pour des champs de telles intensités.

[0003] La très grande majorité des spiraux sont fabriqués à partir d'alliages Fe-Ni (alliage Nivarox® par exemple) dont les modules élastiques dépendent de l'état de magnétisation. De récents développements ont permis de mettre au point des spiraux auto-compensateurs en matériaux paramagnétiques (alliage Nb-Zr-O, Parachrom® par exemple) ou diamagnétiques (silicium recouvert d'une couche de SiO₂ par exemple) qui permettent de réduire très nettement l'effet résiduel pour un champ magnétique supérieur à 4.8 kA/m, comme représenté à la figure 1. Toutefois, un effet résiduel demeure, notamment pour un champ magnétique d'une intensité sensiblement supérieure à 4.8 kA/m, par exemple 32 kA/m.

[0004] De manière générale, la structure d'un balancier assemblé au sein d'un oscillateur est telle que représentée par la norme NIHS 34-01. La figure 3 illustre une telle structure de balancier assemblé. Le moyeu du balancier est directement rapporté sur l'axe de balancier, par exemple par rivetage. Sa localisation ainsi que son assise sont assurées par une surface d'appui qui est définie par le diamètre d'une collerette présente sur l'axe, et qui est également appelé diamètre d'assise du balancier selon la terminologie de la norme NIHS 34-01. Un plateau, généralement usiné en CuBe₂, sur lequel est disposé une cheville, est chassé sur une portion d'axe dont le diamètre est sensiblement inférieur à celui de l'assise du balancier, indépendamment du moyeu du balancier de l'autre côté de la collerette. La virole, destinée au maintien du spiral, est quant à elle chassée de l'autre côté de la collerette sur une portion d'axe dont le diamètre est également sensiblement inférieur à celui de l'assise du balancier comme cela est illustré en figure 2. Une telle structure de balancier s'est imposée comme une référence étant donné sa robustesse et la simplicité d'as-

semblage qui en découle. Une telle structure de balancier assemblé concerne notamment tout oscillateur doté d'un spiral paramagnétique ou diamagnétique. A titre d'exemple, le brevet CH700032 divulgue un oscillateur doté d'au moins deux spiraux, par exemple fabriqués en silicium, qui sont montés sur un axe de balancier tel que décrit précédemment. Cet oscillateur, par les propriétés du matériau choisi pour le spiral, permet de réduire l'effet résiduel pour un champ magnétique de l'ordre de 4.8 kA/m, mais ne permet pas de le minimiser pour un champ magnétique sensiblement supérieur à 4.8 kA/m, par exemple 32 kA/m.

[0005] Le but de l'invention est de fournir un oscillateur remédiant aux inconvénients évoqués précédemment et améliorant les oscillateurs connus de l'art antérieur. En particulier, l'invention propose un oscillateur qui minimise, voire annule, l'effet résiduel, négatif ou positif, pour des champs magnétiques que le porteur de la montre est susceptible de rencontrer dans son quotidien, notamment des champs magnétiques supérieurs, voire sensiblement supérieurs à 4.8 kA/m, par exemple 32 kA/m.

[0006] Selon un premier aspect, des objets de l'invention sont définis par les propositions qui suivent.

[0007] Un oscillateur selon l'invention est défini par la revendication 1.

[0008] Un mode de réalisation d'un oscillateur est défini par la revendication dépendante 2.

[0009] Un mouvement horloger selon l'invention est défini par la revendication 3.

[0010] Une pièce d'horlogerie selon l'invention est définie par la revendication 4.

[0011] Selon un autre aspect, des objets de l'invention sont définis par les propositions qui suivent.

1. Oscillateur (10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 ; 70) comprenant un spiral (11 ; 21 ; 31 ; 41 ; 51 ; 61 ; 71) en matériau paramagnétique ou diamagnétique et un balancier assemblé (12 ; 22 ; 32 ; 42 ; 52 ; 62 ; 72) comprenant un arbre (13 ; 23 ; 33 ; 43 ; 53 ; 63 ; 73) sur lequel sont montés les éléments suivants : un balancier (14 ; 24 ; 34 ; 44 ; 54 ; 64 ; 74), un plateau (15 ; 25 ; 35 ; 45 ; 55 ; 65 ; 75) et une virole (16 ; 26 ; 36 ; 46 ; 56 ; 66 ; 76) solidaire dudit spiral (11 ; 21 ; 31 ; 41 ; 51 ; 61 ; 71), caractérisé en ce que le diamètre maximal (D_{max}) de l'arbre est inférieur à 3.5, voire 2.5, voire 2 fois le diamètre minimal (D₁) de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments ou en ce que le diamètre maximal (D_{max}) de l'arbre est inférieur à 1.6, voire 1.3 fois le diamètre maximal (D₂) de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments.

2. Oscillateur (10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 ; 70) comprenant un spiral (11 ; 21 ; 31 ; 41 ; 51 ; 61 ; 71) en matériau paramagnétique ou diamagnétique et un balancier assemblé (12 ; 22 ; 32 ; 42 ; 52 ; 62 ; 72) comprenant un arbre (13 ; 23 ; 33 ; 43 ; 53 ; 63 ; 73) sur lequel sont montés les éléments suivants : un

balancier (14 ; 24 ; 34 ; 44 ; 54 ; 64 ; 74), un plateau (15 ; 25 ; 35 ; 45 ; 55 ; 65 ; 75) et une virole (16 ; 26 ; 36 ; 46 ; 56 ; 66 ; 76) solidaire dudit spiral (11 ; 21 ; 31 ; 41 ; 51 ; 61 ; 71), caractérisé en ce que le diamètre maximal (Dmax) de l'arbre est inférieur à 3.5, voire 2.5, voire 2 fois le diamètre minimal (D1) de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments et en ce que le diamètre maximal (Dmax) de l'arbre est inférieur à 2, voire 1.8, voire 1.6, voire 1.3 fois le diamètre maximal (D2) de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments.

3. Oscillateur selon l'une des propositions 1 et 2, caractérisé en ce que l'arbre de balancier est réalisé en acier, notamment en acier de décolletage.

4. Oscillateur selon l'une des propositions 1 à 3, caractérisé en ce que le diamètre maximal (D2) de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments est égal au diamètre maximal (Dmax) de l'arbre.

5. Oscillateur selon l'une des propositions 1 à 4, caractérisé en ce que le diamètre maximal (D2) de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments et le diamètre minimal (D1) de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments et le diamètre maximal (Dmax) de l'arbre sont égaux.

6. Oscillateur selon l'une des propositions 1 à 5, caractérisé en ce que le diamètre maximal (Dmax) de l'arbre est inférieur à 1.1 mm, voire inférieur à 1 mm, voire inférieur à 0.9 mm.

7. Oscillateur selon l'une des propositions 1 à 6, caractérisé en ce que le balancier est monté directement sur l'arbre.

8. Oscillateur selon l'une des propositions 1 à 7, caractérisé en ce que le balancier est monté sur le plateau.

9. Oscillateur selon l'une des propositions 1 à 8, caractérisé en ce que la virole est montée sur le plateau.

10. Oscillateur selon l'une des propositions 1 à 9, caractérisé en ce que l'arbre de balancier est cylindrique ou sensiblement cylindrique.

11. Mouvement horloger comprenant un oscillateur (10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 ; 70) selon l'une des propositions 1 à 10.

12. Pièce d'horlogerie comprenant un mouvement horloger selon la proposition 11 ou un oscillateur (10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 ; 70) selon l'une des propositions 1 à 10.

[0012] Les dessins annexés représentent, à titre d'exemples, trois modes de réalisation d'un oscillateur selon l'invention.

5 La figure 1 est un graphique montrant la marche résiduelle M de différents mouvements selon le champ magnétique B auquel ces mouvements sont soumis. La courbe 1 illustre la marche résiduelle M d'un mouvement doté d'un oscillateur ayant un spiral magnétique (Nivarox®). La courbe 2 illustre la marche résiduelle M d'un mouvement doté d'un oscillateur ayant un spiral paramagnétique (Parachrom®). Enfin, la courbe 3 illustre la marche résiduelle M d'un mouvement doté d'un oscillateur ayant un spiral diamagnétique (Silicium recouvert d'une couche de SiO₂).

10 La figure 2 est une vue d'un oscillateur connu de l'art antérieur.

15 La figure 3 est vue de détail d'une structure de balancier assemblé de l'oscillateur de la figure 2.

20 Les figures 4 et 5 sont des vues d'une première variante d'un premier mode de réalisation d'un oscillateur selon l'invention.

25 La figure 6 représente une deuxième variante d'un premier mode de réalisation d'un oscillateur selon l'invention.

30 La figure 7 représente une troisième variante d'un premier mode de réalisation d'un oscillateur selon l'invention.

35 La figure 8 est une vue d'une variante d'un deuxième mode de réalisation d'un oscillateur selon l'invention.

40 La figure 9 est une vue d'une première variante d'un troisième mode de réalisation d'un oscillateur selon l'invention.

45 La figure 10 est une vue d'une deuxième variante d'un troisième mode de réalisation d'un oscillateur selon l'invention.

La figure 11 est une vue d'une troisième variante d'un troisième mode de réalisation d'un oscillateur selon l'invention.

50 La figure 12 est un tableau montrant la marche résiduelle d'un mouvement soumis à un champ magnétique donné en fonction de la matière d'un arbre de balancier d'un oscillateur connu de l'état de l'art comme représenté aux figures 2 et 3. Il montre également les marches résiduelles d'oscillateurs réalisés selon un premier et un deuxième mode de l'invention.

La figure 13 est un graphique montrant, à titre de comparaison, la marche résiduelle M de quatre mouvements en fonction du champ magnétique B auxquels ils ont été soumis, un premier mouvement comprenant un oscillateur réalisé selon la première variante du premier mode de réalisation de l'invention et trois mouvements comprenant un oscillateur réalisé selon l'art antérieur. La courbe 1 illustre la marche résiduelle M d'un mouvement doté d'un oscillateur muni d'un balancier assemblé, pourvu d'un axe de balancier à collerette, qui est associé à un spiral Nivarox®. La courbe 2 illustre la marche résiduelle M d'un mouvement doté d'un oscillateur muni d'un balancier assemblé, pourvu d'un axe de balancier dénué de collerette, qui est associé à un spiral Nivarox®. La courbe 3 illustre la marche résiduelle M d'un mouvement doté d'un oscillateur muni d'un balancier assemblé, pourvu d'un axe de balancier à collerette, qui est associé à un spiral paramagnétique. Enfin, la courbe 4 illustre la marche résiduelle M d'un mouvement doté d'un oscillateur réalisé selon la première variante du premier mode de réalisation de l'invention.

La figure 14 est un graphique montrant, à titre de comparaison, la marche résiduelle M de deux mouvements en fonction du champ magnétique B auxquels ils ont été soumis, un premier mouvement comprenant un oscillateur réalisé selon la première variante du troisième mode de réalisation de l'invention (courbe 1 du graphique) et le deuxième mouvement comprenant un oscillateur réalisé selon l'art antérieur et doté d'un spiral de type Nivarox® (courbe 2 du graphique).

[0013] La demanderesse a remarqué que la géométrie de l'axe de balancier a une influence surprenante sur l'effet résiduel. Plus particulièrement, suite à différentes études menées par la demanderesse, il a été remarqué que la minimisation, voire la suppression, de la portion de plus grand diamètre, appelée assise du balancier selon la terminologie de la norme NIHS 34-01, ou encore appelée usuellement « collerette », permet de minimiser l'effet résiduel de la même façon qu'un axe de balancier réalisé en un matériau paramagnétique tel que le CuBe2, comme montré dans le tableau de la figure 12. On remarque alors qu'associer un spiral paramagnétique ou diamagnétique à un balancier assemblé muni d'un axe de balancier à collerette selon l'état de l'art ne produit pas les mêmes effets qu'associer un spiral paramagnétique ou diamagnétique à un balancier assemblé muni d'un axe de balancier selon l'invention. Plus particulièrement, le fait d'associer un spiral paramagnétique ou diamagnétique à un balancier assemblé muni d'un axe de balancier selon l'invention permet, pour un champ magnétique de 32 kA/m (400G), de minimiser considérablement la marche résiduelle, voire de l'annuler, le couple parasite perturbant le couple de rappel du spiral étant

alors dû à la présence des composants magnétiques qui environnent l'oscillateur.

[0014] En se rapportant au graphique de la figure 13, on constate qu'adjoindre un spiral paramagnétique à un balancier assemblé muni d'un axe de balancier à collerette permet, pour un champ magnétique B de 32 kA/m (400G), de réduire la marche résiduelle M d'environ un facteur 2 par rapport à un même balancier assemblé qui est associé à un spiral de type Nivarox®. On remarque de manière surprenante qu'associer un spiral paramagnétique à un balancier assemblé muni d'un axe de balancier dénué de collerette, comme cela est proposé au sein de la première variante du premier mode de réalisation de l'invention, permet, pour un champ magnétique de 32 kA/m (400G), de réduire la marche résiduelle d'environ un facteur 12 par rapport à un même balancier assemblé qui est combiné à un spiral de type Nivarox®. On remarque également que l'oscillateur du premier mode de réalisation de l'invention, permet, pour un champ magnétique de 32 kA/m (400G), de réduire la marche résiduelle de manière très significative, d'environ un facteur 17, par rapport à un balancier assemblé qui comporte un axe à collerette et qui est combiné à un spiral de type Nivarox®. Notamment, comme représenté à la figure 13, pour des champs magnétiques compris entre 15 et 32 kA/m, il a été remarqué qu'il se produit, vis-à-vis du phénomène magnétique, un effet synergique entre le spiral paramagnétique ou diamagnétique et la géométrie de l'axe. En effet, l'effet combiné du changement de matière du spiral et de la modification de la géométrie de l'axe va au-delà de la somme des effets individuels du changement de matière du spiral et de la modification de la géométrie de l'axe les effets.

[0015] En se rapportant au graphique de la figure 14, on remarque de manière surprenante qu'associer un spiral diamagnétique à un balancier assemblé muni d'un axe de balancier dont le diamètre maximal est minimisé, comme cela est proposé au sein de la première variante du troisième mode de réalisation de l'invention, permet, pour un champ magnétique B de 32 kA/m (400G), de réduire la marche résiduelle M de manière très significative, d'environ un facteur 35, par rapport à un balancier assemblé qui comporte un axe à collerette et qui est combiné à un spiral de type Nivarox®.

[0016] Ainsi, l'invention porte sur un oscillateur comprenant un spiral en matériau paramagnétique ou diamagnétique et un balancier assemblé au sein de cet oscillateur comprenant un arbre en acier dont le diamètre maximal est minimisé sur lequel sont montés un balancier, un plateau et la virole dudit spiral. Dans un premier cas de figure, la virole peut être rapportée au spiral. Elle est dans ce cas préférentiellement réalisée en un alliage cuivreux tel que le laiton ou le CuBe2, ou alors en un acier inoxydable. Dans un deuxième cas de figure, la virole peut être venue de fabrication avec le spiral, par exemple lorsque le spiral est réalisé en silicium. La virole est dans ce cas également réalisée en silicium. L'arbre est fabriqué en acier de manière à satisfaire aux con-

traintes mécaniques auquel est soumis l'oscillateur. Le plateau et le balancier sont, quant-à-eux, usinés en un matériau paramagnétique ou diamagnétique, par exemple un alliage cuivreux tel que le CuBe2 ou le laiton, le silicium ou encore le nickel-phosphore. De préférence, le diamètre maximal Dmax de l'arbre est inférieur à 3.5, voire 2.5, voire 2 fois le diamètre minimal D1 de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments de l'oscillateur. De préférence encore, le diamètre maximal Dmax de l'arbre est inférieur à 2, voire 1.8, voire 1.6, voire 1.3 fois le diamètre maximal D2 de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments de l'oscillateur. Ainsi, l'effet résiduel est grandement minimisé car le couple parasite perturbant le couple de rappel du spiral est alors principalement dû à la présence des composants magnétiques environnant l'oscillateur. Bien entendu, la minimisation de l'effet résiduel peut être encore accrue en réalisant les composants qui sont situés à proximité de l'oscillateur selon l'invention, par exemple les composants de l'échappement tels que l'ancre ou la roue d'ancre, en matériaux paramagnétiques ou diamagnétiques.

[0017] Selon un premier mode de réalisation de l'invention, le plus petit diamètre D1 de la portion de l'arbre sur laquelle est monté un élément de l'oscillateur (choisi parmi le groupe : virole, plateau, balancier) présente une valeur valant Dmax qui correspond au plus grand diamètre de l'arbre. Par ailleurs, le plus grand diamètre D2 de la portion de l'arbre sur laquelle est monté un élément de l'oscillateur présente également une valeur qui correspond à celle du plus grand diamètre Dmax de l'arbre. Ainsi, dans ce premier mode de réalisation, $D_{max}=D1=D2$.

[0018] Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, le plus grand diamètre D2 de la portion de l'axe sur laquelle est monté un élément de l'oscillateur correspond également au diamètre Dmax mais diffère du plus petit diamètre D1 de la portion de l'arbre sur laquelle est monté un élément de l'oscillateur. Ainsi, dans ce deuxième mode de réalisation, $D_{max}=D2>D1$.

[0019] Selon un troisième mode de réalisation, le plus grand diamètre D2 de la portion de l'axe sur laquelle est monté un élément de l'oscillateur diffère du plus grand diamètre de l'axe Dmax mais peut être supérieur ou égal au plus petit diamètre D1 de la portion de l'arbre sur laquelle est monté un élément de l'oscillateur. Ainsi dans ce troisième mode de réalisation, $D_{max}>D2\geq D1$

Une première variante du premier mode de réalisation d'oscillateur selon l'invention est décrite ci-après en référence aux figures 4 et 5. L'oscillateur 10 comprend un spiral 11 en matériau paramagnétique ou diamagnétique et un balancier assemblé 12 comprenant un arbre 13 sur lequel sont montés un balancier 14, un plateau 15 et la virole 16 dudit spiral. Dans cette première variante, le balancier 14 est solidaire de l'arbre 13 par l'intermédiaire du plateau 15. Ce dernier est rapporté, par exemple par chassage, sur une portion 135 et chemise l'arbre 13 sur une hauteur H. Le diamètre de cette portion 135 est égal au diamètre maximal Dmax. Le balancier 14 est, quant-

à-lui, rapporté sur le plateau 14, par exemple par rivetage, sur une surface d'assise 131 réalisée sur le plateau. La virole est, quant-à-elle, directement montée sur l'arbre. Elle peut y être fixée, par exemple, par chassage.

5 La virole est montée sur une portion 136 de l'arbre dont le diamètre est égal au diamètre maximal Dmax de l'arbre. Dans cette première variante du premier mode de réalisation, le plus petit diamètre D1 de la portion de l'arbre sur laquelle est monté un élément (choisi parmi le groupe : virole, plateau, balancier) correspond à la valeur Dmax qui est égale au plus grand diamètre de l'arbre. Par ailleurs, le plus grand diamètre D2 de la portion de l'arbre sur laquelle est monté un élément présente également une valeur qui coïncide avec celle du plus grand diamètre de l'arbre. Ainsi, dans cette première variante du premier mode de réalisation, $D_{max}=D1=D2$. Cette valeur est de l'ordre de 0.5 mm au sein de la conception illustrée par les figures 4 et 5.

[0020] Des mesures ont été effectuées pour des champs magnétiques à différents niveaux d'intensité de façon à mettre en comparaison la marche résiduelle de la première variante du premier mode de réalisation de l'oscillateur et celles d'oscillateurs connus de l'art antérieur. On constate, comme représenté à la figure 13, que la marche résiduelle moyenne d'un mouvement doté de la première variante du premier mode de réalisation de l'oscillateur, pour un champ magnétique de 32 kA/m, est de l'ordre de 2 s/j (courbe 4 du graphique), soit une diminution d'environ un facteur 12 en regard de celle d'un mouvement doté d'un oscillateur connu muni d'un spiral Nivarox® et d'un axe de balancier dénué de collerette (courbe 2 du graphique). On constate également que la marche résiduelle moyenne d'un mouvement doté d'un oscillateur muni d'un balancier assemblé, pourvu d'un axe de balancier à collerette, qui est associé à un spiral paramagnétique, pour un champ magnétique de 32 kA/m, est de l'ordre de 15 s/j (courbe 3 du graphique), soit une diminution d'environ un facteur 2 en regard de celle d'un mouvement doté du même balancier assemblé qui est associé à un spiral Nivarox®. Ainsi, on constate que combiner un spiral paramagnétique à un balancier assemblé doté d'un axe dénué de collerette produit un effet inattendu sur la marche résiduelle d'un mouvement, à savoir, sa nette minimisation, voire son annulation, pour un champ magnétique de 32kA/m (400G).

[0021] En outre, ce facteur est susceptible de s'accroître en minimisant le nombre de composants magnétiques environnant l'oscillateur au sein du mouvement considéré.

50 **[0022]** Une deuxième variante du premier mode de réalisation d'oscillateur est décrite ci-après en référence à la figure 6. Dans cette deuxième variante, les éléments identiques ou ayant la même fonction que les éléments de la première variante présentent un « 2 » au chiffre des dizaines à la place du « 1 » et présentent le même chiffre des unités. Les parties ou portions de ces éléments présentent également un « 2 » au chiffre des centaines à la place du « 1 » des parties ou portions équivalentes des

éléments de la première variante et présentent le même chiffre des dizaines. Tout comme dans la première variante du premier mode de réalisation, $D_{max}=D1=D2$. Cette valeur est de l'ordre de 0.3 mm au sein de la conception illustrée par la figure 4. Cette deuxième variante diffère de la première variante en ce que le plateau 25 chemise l'arbre sur pratiquement toute sa longueur et/ou en ce que la virole 26 est fixée à l'arbre par l'intermédiaire du plateau. Autrement dit, la virole 26 est fixée, par exemple par chassage, sur le plateau 25.

[0023] Les mesures montrent que cette modification a très peu d'incidence sur la minimisation de l'effet résiduel. Quelle que soit la variante considérée, la marche résiduelle moyenne, pour un champ magnétique de 32 kA/m, est de 2 s/j, soit une diminution d'un facteur 8 en regard de celle d'un mouvement doté d'une conception connue de l'état de l'art comme illustrée aux figures 2 et 3 et muni d'un spiral paramagnétique.

[0024] Selon les deux premières variantes du premier mode de réalisation, le balancier est solidaire de l'arbre par l'intermédiaire du plateau. Par rapport à la structure habituelle connue de l'art antérieur, la collerette de l'arbre est ainsi supprimée et l'ensemble plateau - balancier peut être directement rapporté sur l'arbre, par exemple par chassage. Alternativement, selon une troisième variante du premier mode de réalisation, le balancier est directement rapporté sur une portion de l'arbre dont le diamètre est égal à ceux des portions sur lesquelles sont rapportés le plateau ainsi que la virole. Ainsi, le balancier peut être rapporté sur l'arbre indépendamment du plateau.

[0025] Dans cette troisième variante du premier mode de réalisation illustrée par la figure 7, les éléments identiques ou ayant la même fonction que les éléments de la première variante du premier mode de réalisation présentent un « 3 » au premier chiffre (dizaines ou centaines) à la place du « 1 » et présentent le même deuxième chiffre (unités ou dizaines). Le balancier 34 est fixé sur une portion 334 indépendamment du plateau 35 qui est rapporté sur une portion 335. Pour ce faire, le moyeu du balancier 34 présente une hauteur totale H suffisante, notamment égale ou sensiblement égale à la hauteur de la portion 334, de façon à garantir une assise et un couple de maintien du balancier adéquat. La virole est, quant-à-elle, fixée sur une portion 336, par exemple par chassage. Le diamètre de chacune des portions 334, 335, 336 est égal au diamètre maximal D_{max} de l'arbre. Ainsi, tout comme dans les deux premières variantes, $D_{max}=D1=D2$. Cette valeur est de l'ordre de 0.4 mm au sein de la conception illustrée par la figure 7. Les mesures montrent que la marche résiduelle moyenne d'un mouvement équipé d'un oscillateur réalisé selon cette troisième variante, pour un champ magnétique de 32kA/m, est équivalente à celle d'un mouvement doté d'un oscillateur réalisé selon l'une ou l'autre des deux premières variantes, à savoir environ 2 s/j.

[0026] Le deuxième mode de réalisation diffère du premier mode de réalisation en ce que la valeur du plus grand diamètre de l'arbre D_{max} ne coïncide pas avec

celle du diamètre minimal D1 de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments choisi parmi le groupe virole, plateau, balancier. En d'autres termes, $D_{max}=D2>D1$. Une variante du deuxième mode de réalisation d'oscillateur est décrite ci-après en référence à la figure 8. Dans ce deuxième mode de réalisation, les éléments identiques ou ayant la même fonction que les éléments de la première variante du premier mode de réalisation présentent un « 4 » au premier chiffre (dizaines ou centaines) à la place du « 1 » et présentent le même deuxième chiffre (unités ou dizaines). Dans ce mode de réalisation, la virole 46 est rapportée sur l'arbre 43 au niveau d'une portion 436, par exemple par chassage. Le plateau 45 est, par exemple, chassé en butée sur une portion 435. Le diamètre de cette portion est égal au diamètre minimal D1 de l'axe sur lequel est monté un élément. Le balancier 44 est, quant-à-lui, directement monté sur l'arbre 43 au niveau d'une portion 434, par exemple par chassage, indépendamment de la localisation du plateau 45. Pour ce faire, le moyeu du balancier 44 présente une hauteur totale H suffisante, notamment égale ou sensiblement égale à la hauteur de la portion 434, de façon à garantir une assise et un couple de maintien du balancier adéquat. Le diamètre de cette portion 434 est égal au diamètre maximal D2 de l'axe sur lequel est monté un élément. Il correspond également au diamètre D_{max} . Ainsi, dans ce mode de réalisation, $D_{max}=D2>D1$. De préférence, le diamètre maximal D_{max} de l'arbre est inférieur à 3.5, voire 2.5, voire 2 fois le diamètre minimal D1 de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments. Dans l'exemple illustré par la figure 8, D1 est de l'ordre de 0.4 mm, D2 et donc D_{max} sont de l'ordre de 0.8 mm. Ainsi, D_{max} est inférieur à environ 2.5 fois le diamètre D1.

[0027] Des mesures ont été effectuées pour un champ magnétique de 32 kA/m de façon à mettre en comparaison la marche résiduelle de cette variante du deuxième mode de réalisation de l'oscillateur et celle d'un oscillateur connu de l'art antérieur comme illustré aux figures 2 et 3, tous deux étant munis d'un spiral paramagnétique. Le tableau de la figure 12 montre que la marche résiduelle moyenne, pour un champ magnétique de cette intensité, est de l'ordre de 2 s/j, soit une diminution d'environ un facteur 8 en regard de celle d'un mouvement doté d'un oscillateur connu et doté d'un spiral paramagnétique ou diamagnétique.

[0028] Le troisième mode de réalisation diffère du deuxième mode de réalisation en ce que la valeur du plus grand diamètre de l'arbre D_{max} ne coïncide pas avec celle du diamètre maximal D2 de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments choisi parmi le groupe virole, plateau, balancier. Ainsi, $D_{max}>D2\geq D1$.

[0029] Une première variante du troisième mode de réalisation d'oscillateur selon l'invention est décrite ci-après en référence à la figure 9. Dans cette première variante du troisième mode de réalisation, les éléments identiques ou ayant la même fonction que les éléments de la première variante du premier mode de réalisation présentent un « 5 » au premier chiffre (dizaines ou cen-

taines) à la place du « 1 » et présentent le même deuxième chiffre (unités ou dizaines). La virole 56 est directement montée sur l'arbre 53 au niveau d'une portion 536, par exemple par chassage. Le plateau 55 est également directement monté sur l'arbre 53. Il est, par exemple, chassé en butée sur l'arbre 53 au niveau d'une portion 535. Le diamètre de cette portion est égal au diamètre minimal D1 de l'axe sur lequel est monté un élément. Le balancier est rapporté sur l'arbre au niveau d'une portion 534, par exemple par chassage. Pour ce faire, le moyeu du balancier 54 présente une hauteur totale H suffisante, notamment égale ou sensiblement égale à la hauteur de la portion 534, de façon à garantir une assise et un couple de maintien du balancier adéquat. Le diamètre de cette portion 534 est égal au diamètre maximal D2 de l'axe sur lequel est monté un élément. Dans cette première variante du troisième mode de réalisation, une portion d'arbre 533 présente un diamètre Dmax supérieur aux diamètres D1 et D2. Ainsi, cette portion présente des épaulements contre lesquels le balancier et/ou la virole sont susceptibles de venir en appui lorsqu'ils sont fixés sur l'arbre. De cette façon, la position du balancier et celle de la virole peuvent être précisément définies.

[0030] Dans cette première variante du troisième mode de réalisation, $D_{max} > D2 > D1$, et le diamètre maximal Dmax de l'arbre est inférieur à 3.5, voire 2.5, voire 2 fois le diamètre minimal D1 de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments et/ou le diamètre maximal Dmax de l'arbre est inférieur à 2, 1.8, voire 1.6, voire 1.3 fois le diamètre maximal D2 de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments. Dans l'exemple illustré par la figure 9, D1 est de l'ordre de 0.3 mm, D2 est de l'ordre de 0.8 mm, et Dmax est de l'ordre de 1 mm. Ainsi, Dmax est inférieur à environ 3.5 fois le diamètre D1, et Dmax est inférieur à environ 1.3 fois le diamètre D2. Au sein d'une conception connue de l'état de l'art telle que représentée aux figures 2 et 3 au sein de laquelle $D_{max} > D2 > D1$, D1 est de l'ordre de 0.3 mm, D2 est de l'ordre de 0.8, et Dmax est de l'ordre de 1.4 mm. Dmax est alors supérieur à plus de 4.5 fois le diamètre D1, et Dmax alors est supérieur à plus de 1.6 fois le diamètre D2. On constate donc que le plus grand diamètre de l'arbre Dmax est grandement minimisé en regard du plus grand diamètre Dmax d'un arbre équipant un oscillateur connu de l'état de l'art. Ainsi, l'effet résiduel est minimisé car le couple parasite perturbant le couple de rappel du spiral est alors principalement dû à la présence des composants magnétiques environnant l'oscillateur. La figure 14 montre la marche résiduelle de la première variante du troisième mode de réalisation de l'oscillateur en comparaison de celle d'un oscillateur connu qui comprend un axe de balancier à collerette et qui est doté d'un spiral de type Nivarox®. On constate que la marche résiduelle moyenne, pour un champ magnétique de 32kA/m est de l'ordre de 1 s/j, soit une diminution très significative d'un facteur 35 en regard de celle d'un mouvement doté de l'oscillateur précité.

[0031] Une deuxième variante du troisième mode de réalisation d'oscillateur selon l'invention est décrite ci-

après en référence à la figure 10. Dans cette deuxième variante du troisième mode de réalisation, les éléments identiques ou ayant la même fonction que les éléments de la première variante du premier mode de réalisation présentent un « 6 » au premier chiffre (dizaines ou centaines) à la place du « 1 » et présentent le même deuxième chiffre (unités ou dizaines). Tout comme dans la première variante du troisième mode de réalisation, $D_{max} > D2 > D1$. Cette deuxième variante diffère de la première variante en ce que le balancier 64 est solidaire de l'arbre 63 par l'intermédiaire du plateau 65. Ce dernier est rapporté, par exemple par chassage, sur une portion 635 et chemise l'arbre 63 sur une hauteur H1. Le diamètre de cette portion 635 est égal au diamètre minimal D1 de l'arbre sur lequel est monté un élément de l'oscillateur. Le balancier est monté en butée sur le plateau, par exemple par chassage. Pour ce faire, le moyeu du balancier 64 présente une hauteur totale H2 suffisante, notamment égale ou sensiblement égale à la hauteur de la portion 654 du plateau 65, de façon à garantir une assise et un couple de maintien du balancier adéquat. La virole est, quant-à-elle, fixée sur une portion 636 de l'arbre 63, par exemple par chassage. Le diamètre de cette portion 635 est égal au diamètre maximal D2 de l'arbre sur lequel est monté un élément de l'oscillateur. Dans cette deuxième variante du troisième mode de réalisation, une portion d'arbre 633 présente un diamètre Dmax supérieur aux diamètres D1 et D2. Ainsi, cette portion présente des épaulements contre lesquels le plateau et/ou la virole sont susceptibles de venir en appui lorsqu'ils sont fixés sur l'arbre. De cette façon, la position du balancier et celle de la virole peuvent être précisément définies. Dans cette deuxième variante du troisième mode de réalisation, $D_{max} > D2 > D1$, et le diamètre maximal Dmax de l'arbre est inférieur à 3.5, voire 2.5, voire 2 fois le diamètre minimal D1 de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments et/ou le diamètre maximal Dmax de l'arbre est inférieur à 2, 1.8 voire 1.6, voire 1.3 fois le diamètre maximal D2 de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments. Dans l'exemple illustré par la figure 10, D1 est de l'ordre de 0.4 mm, D2 est de l'ordre de 0.5 mm, et Dmax est de l'ordre de 0.7 mm. Ainsi, Dmax est inférieur à environ 2 fois le diamètre D1, et Dmax est inférieur à environ 1.6 fois le diamètre D2. De cette façon, le plus grand diamètre Dmax de l'arbre est également grandement minimisé.

[0032] Une troisième variante du troisième mode de réalisation diffère des deux premières variantes en ce que la valeur du diamètre maximal D2 de l'arbre sur lequel est monté un élément de l'oscillateur est égale à celle du diamètre minimal D1 sur lequel est monté un élément de l'oscillateur. Cette variante est décrite ci-après en référence à la figure 11. Les éléments identiques ou ayant la même fonction que les éléments de la première variante du premier mode de réalisation présentent un « 7 » au premier chiffre (dizaines ou centaines) à la place du « 1 » et présentent le même deuxième chiffre (unités ou dizaines). Tout comme dans la deuxième variante du troisième mode de réalisation, le balan-

cier 74 est solidaire de l'arbre 73 par l'intermédiaire du plateau 75. Ce dernier est rapporté, par exemple par chassage, sur une portion 735 et chemise l'arbre 73 sur une hauteur H1. Le diamètre de cette portion 735 est égal au diamètre minimal D1 de l'arbre sur lequel est monté un élément de l'oscillateur. Le diamètre de cette portion 735 correspond également au diamètre maximal D2 de l'arbre sur lequel est monté un élément de l'oscillateur. Le balancier est monté en butée sur le plateau, par exemple par chassage. Pour ce faire, le moyeu du balancier 74 présente une hauteur totale H2 suffisante, notamment égale ou sensiblement égale à la hauteur de la portion 754 du plateau 75, de façon à garantir une assise et un couple de maintien du balancier adéquat. La virole est, quant-à-elle, fixée sur une portion 736 de l'arbre 73, par exemple par chassage. Le diamètre de cette portion 736 correspond au diamètre maximal D2 de l'arbre sur lequel est monté un élément de l'oscillateur, et correspond également au diamètre minimal D1 de l'arbre sur lequel est monté un élément de l'oscillateur. Ainsi, D1=D2. Dans cette troisième variante, une portion d'arbre 733 présente un diamètre Dmax supérieur aux diamètres D1 et D2. Ainsi, cette portion présente des épaulements contre lesquels le plateau et/ou la virole sont susceptibles de venir en appui lorsqu'ils sont fixés sur l'arbre. De cette façon, la position du balancier et celle de la virole peuvent être précisément définies. Dans cette troisième variante, Dmax>D1 =D2, et le diamètre maximal Dmax de l'arbre est inférieur à 3.5, voire 2.5, voire 2 fois le diamètre minimal D1 de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments et le diamètre maximal Dmax de l'arbre est inférieur à 2, 1.8, voire 1.6, voire 1.3 fois le diamètre maximal D2 de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments. Dans l'exemple illustré par la figure 11, D1 et D2 sont de l'ordre de 0.4 mm, et Dmax est de l'ordre de 0.7 mm. Ainsi, Dmax est inférieur à environ 2 fois le diamètre D1, et Dmax est inférieur à environ 2 fois le diamètre D2. De cette façon, le plus grand diamètre Dmax de l'arbre est également grandement minimisé.

[0033] Dans le troisième mode de réalisation, Dmax est de préférence le diamètre d'une assise au contact de laquelle on peut chasser un élément, voire deux éléments (plateau, balancier, virole), sur l'axe.

[0034] Quel que soit le mode de réalisation, lorsqu'un premier élément, par exemple le balancier, n'est pas monté directement sur l'arbre mais est monté sur un deuxième élément, lui-même monté directement sur l'arbre au niveau d'une première portion de l'arbre présentant un premier diamètre, on considère que le diamètre de l'arbre sur lequel est monté le premier élément est le premier diamètre. Bien entendu, quel que soit le mode de réalisation considéré, tous les éléments choisis parmi le groupe virole, plateau, balancier sont susceptibles d'être disposés sur l'un des trois diamètres D1, D2, Dmax.

[0035] Dans les différents modes de réalisation, le diamètre Dmax est de préférence inférieur à 1.1 mm, voire inférieur à 1 mm, voire inférieur à 0.9 mm.

[0036] L'oscillateur selon l'invention muni d'un spiral paramagnétique (alliage Nb-Zr-O, Parachrom® par exemple) ou diamagnétique (notamment en silicium recouvert d'une couche de SiO2) présente la spécificité d'être doté d'un arbre de balancier fabriqué en acier de décolletage dont la géométrie a été modifiée de façon à minimiser l'effet résiduel. Le plateau et le balancier sont, quant-à-eux, usinés en un matériau paramagnétique ou diamagnétique, par exemple un alliage cuivreux tel que le CuBe2 ou le laiton, le silicium ou encore le nickel-phosphore. Le plateau, selon le mode de réalisation considéré, est de préférence adapté de sorte à permettre l'assemblage du balancier.

[0037] Dans ce document, par « un premier élément solidaire d'un deuxième élément », on entend que le premier élément est fixé au deuxième élément.

[0038] Dans ce document, par « balancier assemblé », on entend un ensemble comprenant ou constitué d'un axe de balancier, un balancier, un plateau et une virole, le balancier, le plateau et la virole étant montés sur l'axe de balancier.

[0039] Dans ce document, « axe » et « arbre » désignent le même élément.

[0040] Dans ce document, les rapports des valeurs des marches résiduelles sont donnés en valeur absolue.

[0041] Les graphiques des figures 1, 13 et 14 sont réalisés à l'échelle, si bien que des valeurs, notamment des valeurs de marche résiduelle, peuvent en être déduites par mesure sur le graphique.

Revendications

- Oscillateur (10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 ; 70) comprenant un spiral (11 ; 21 ; 31 ; 41 ; 51 ; 61 ; 71) en matériau paramagnétique ou diamagnétique et un balancier assemblé (12 ; 22 ; 32 ; 42 ; 52 ; 62 ; 72) comprenant un arbre (13 ; 23 ; 33 ; 43 ; 53 ; 63 ; 73) en acier sur lequel sont montés les éléments suivants : un balancier (14 ; 24 ; 34 ; 44 ; 54 ; 64 ; 74), un plateau (15 ; 25 ; 35 ; 45 ; 55 ; 65 ; 75) et une virole (16 ; 26 ; 36 ; 46 ; 56 ; 66 ; 76) solidaire dudit spiral (11 ; 21 ; 31 ; 41 ; 51 ; 61 ; 71), **caractérisé en ce que** le diamètre maximal (Dmax) de l'arbre est égal au diamètre minimal (D1) de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments et égal au diamètre maximal (D2) de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments, le diamètre minimal (D1) de l'arbre sur lequel est monté l'un des éléments étant de l'ordre de 0.5 mm ou de l'ordre de 0.4 mm ou de l'ordre de 0.3 mm.
- Oscillateur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'arbre de balancier est réalisé en acier de décolletage.
- Mouvement horloger comprenant un oscillateur (10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 ; 70) selon l'une des revendications précédentes.

4. Pièce d'horlogerie comprenant un mouvement horloger selon la revendication précédente ou un oscillateur (10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 ; 70) selon l'une des revendications 1 et 2.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

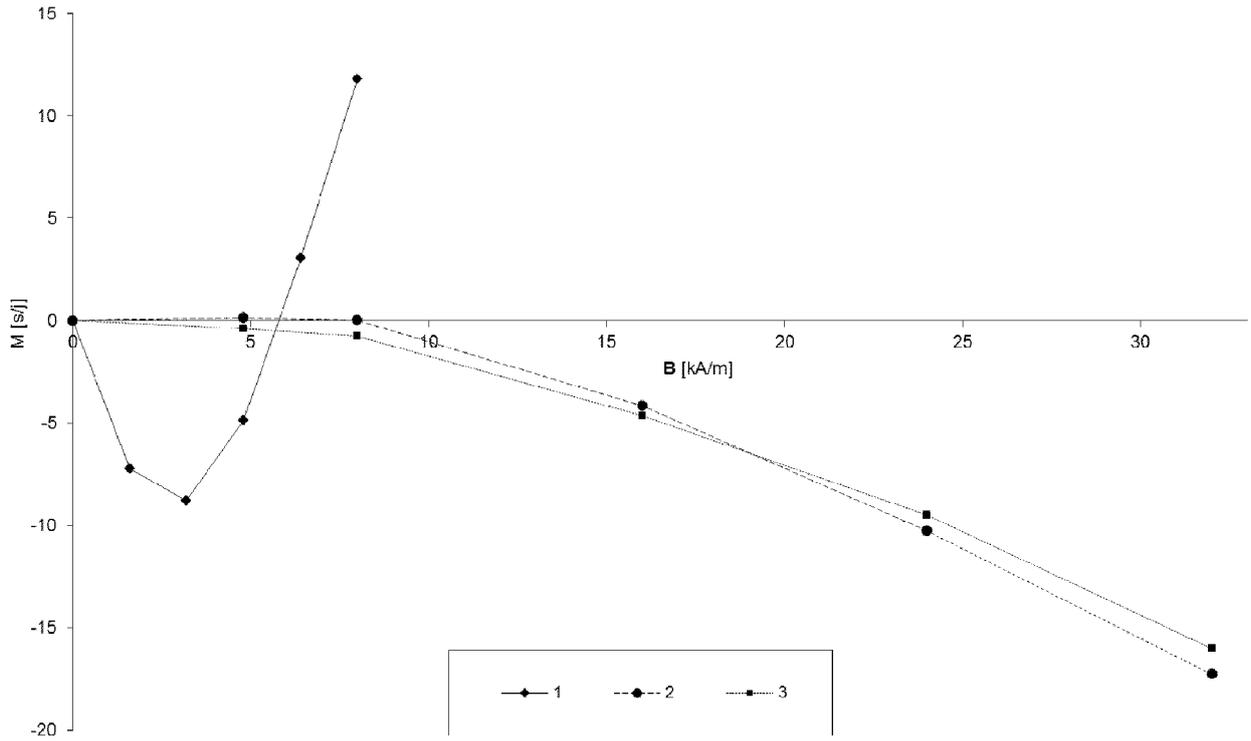


Figure 1

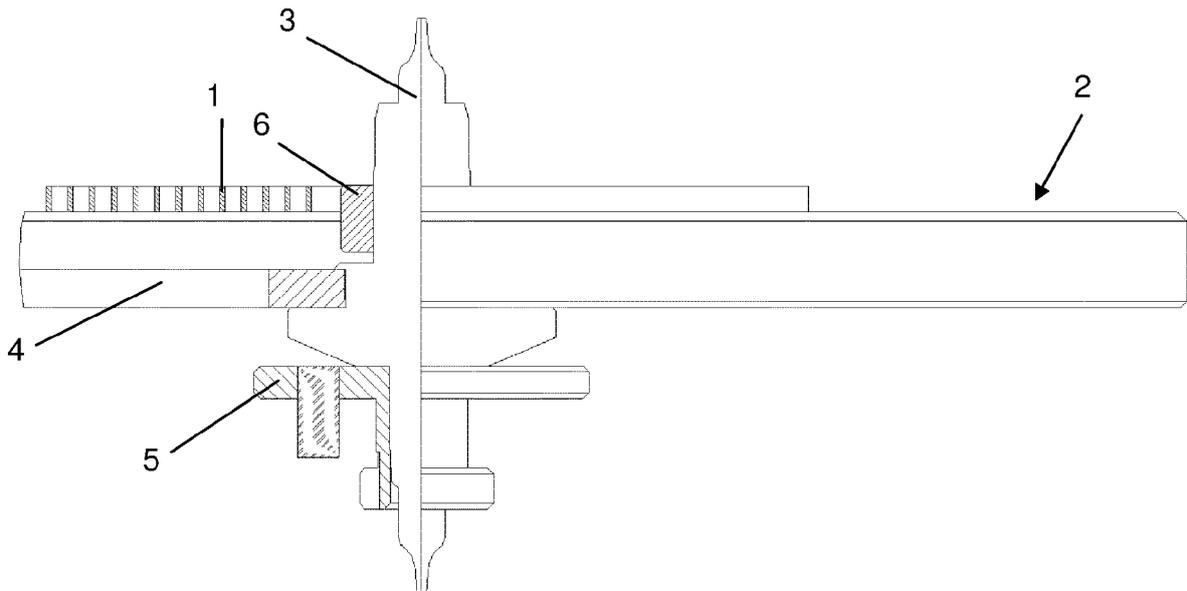


Figure 2

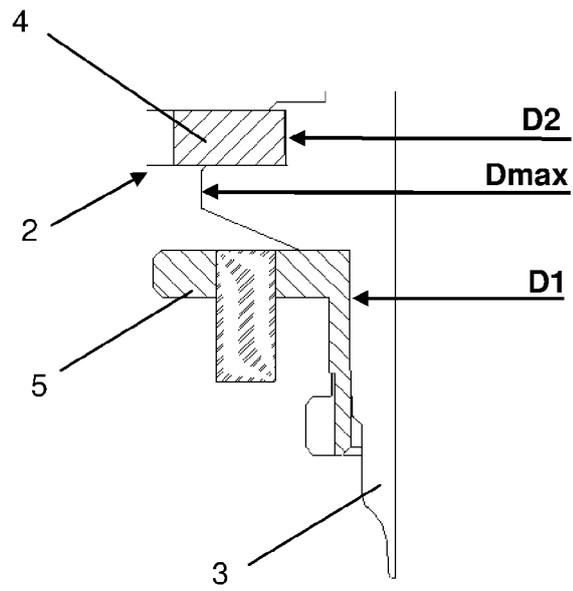


Figure 3

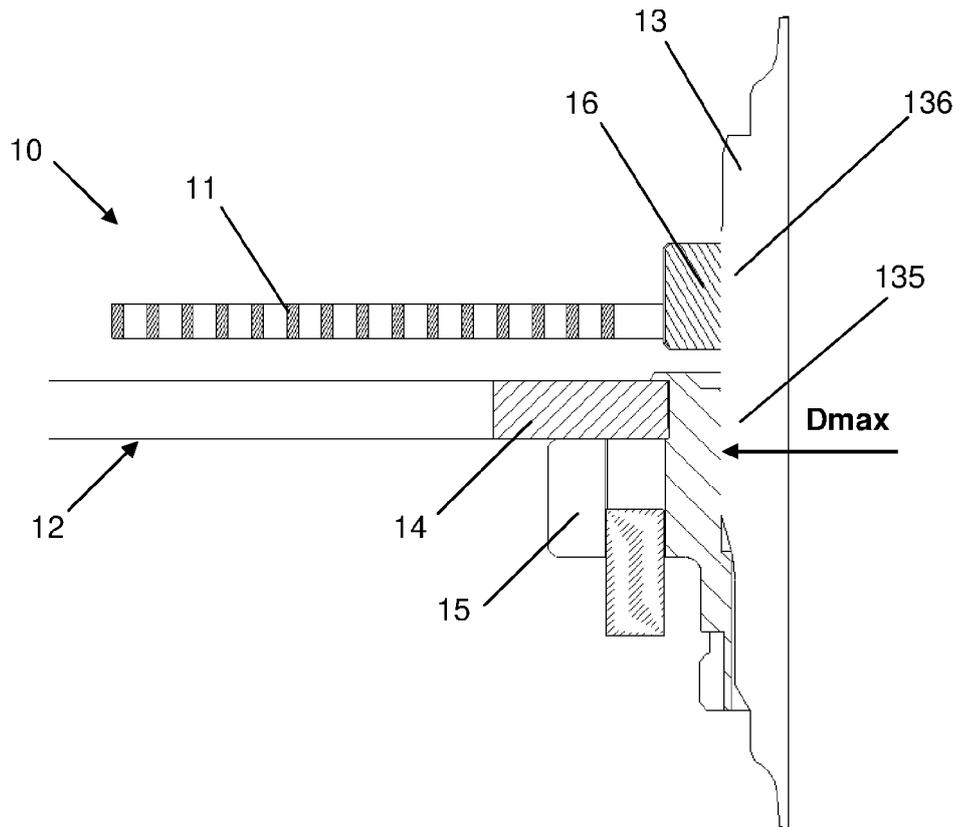


Figure 4

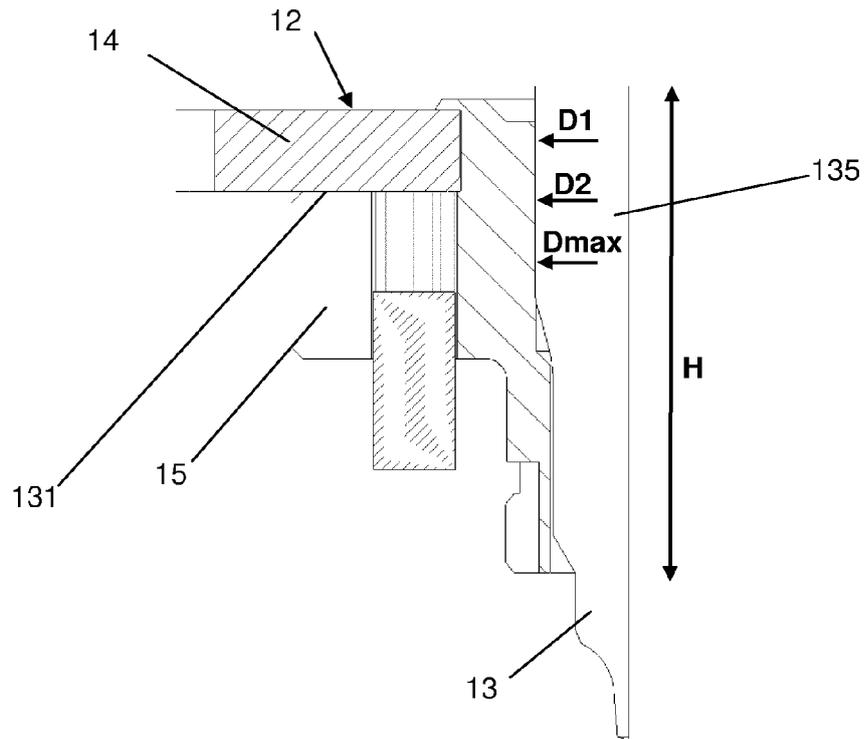


Figure 5

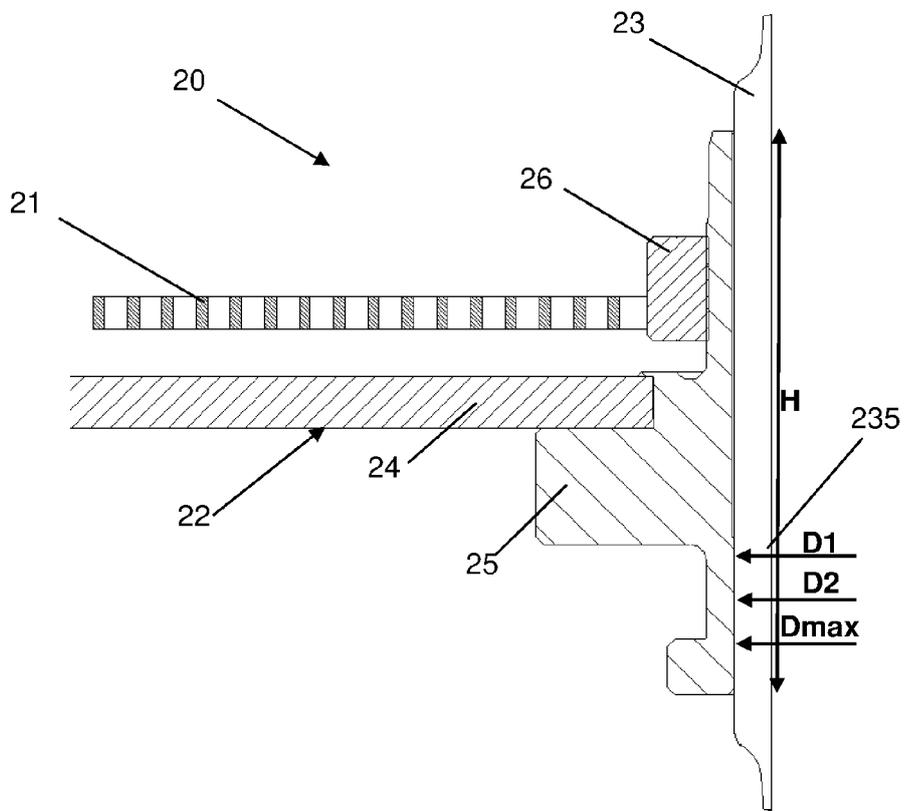


Figure 6

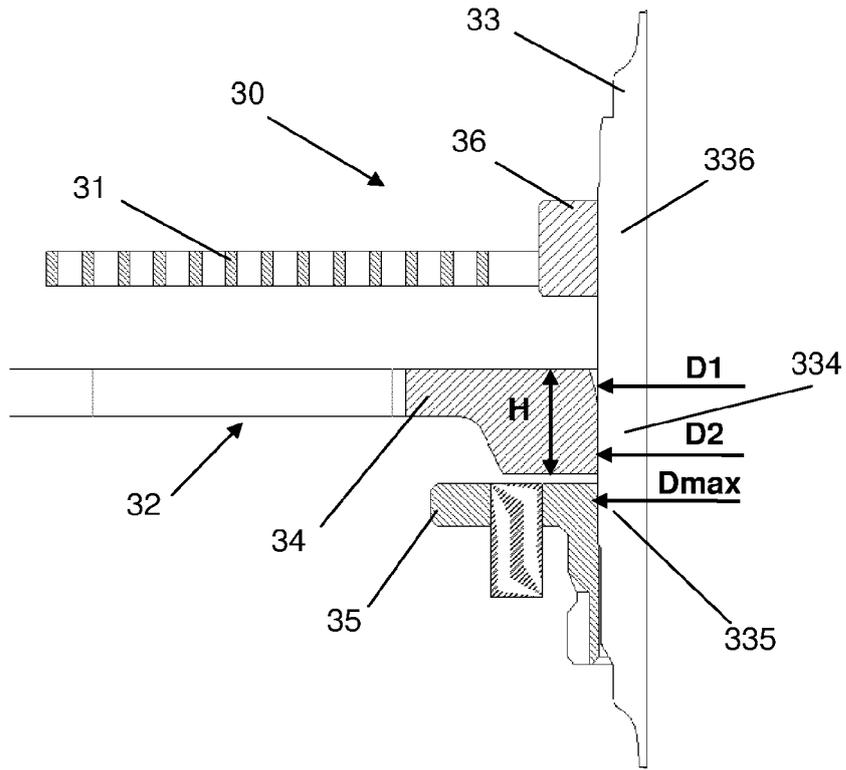


Figure 7

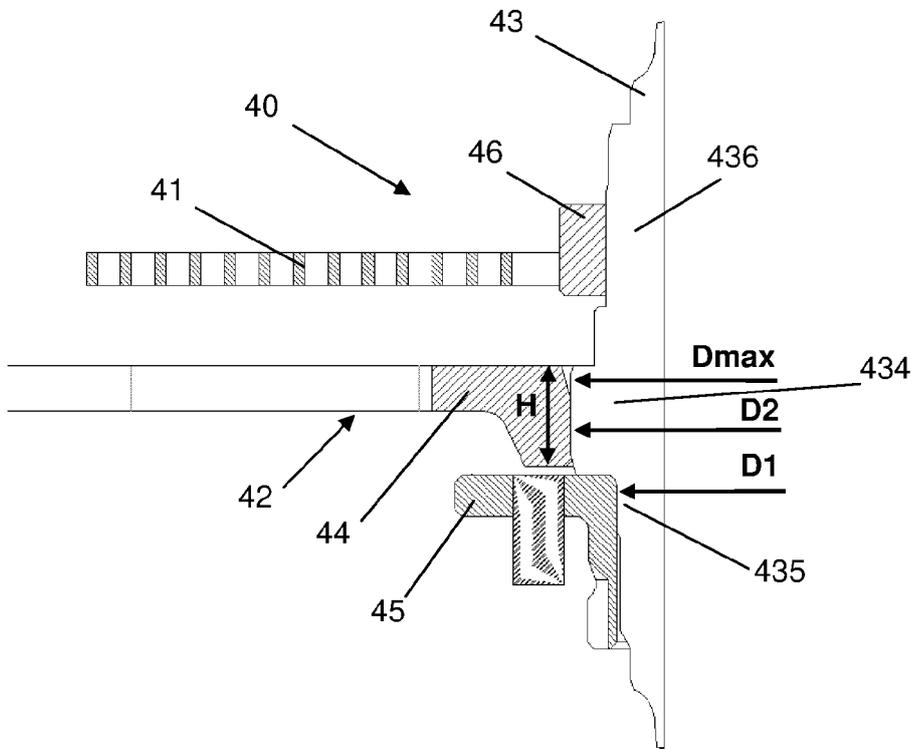


Figure 8

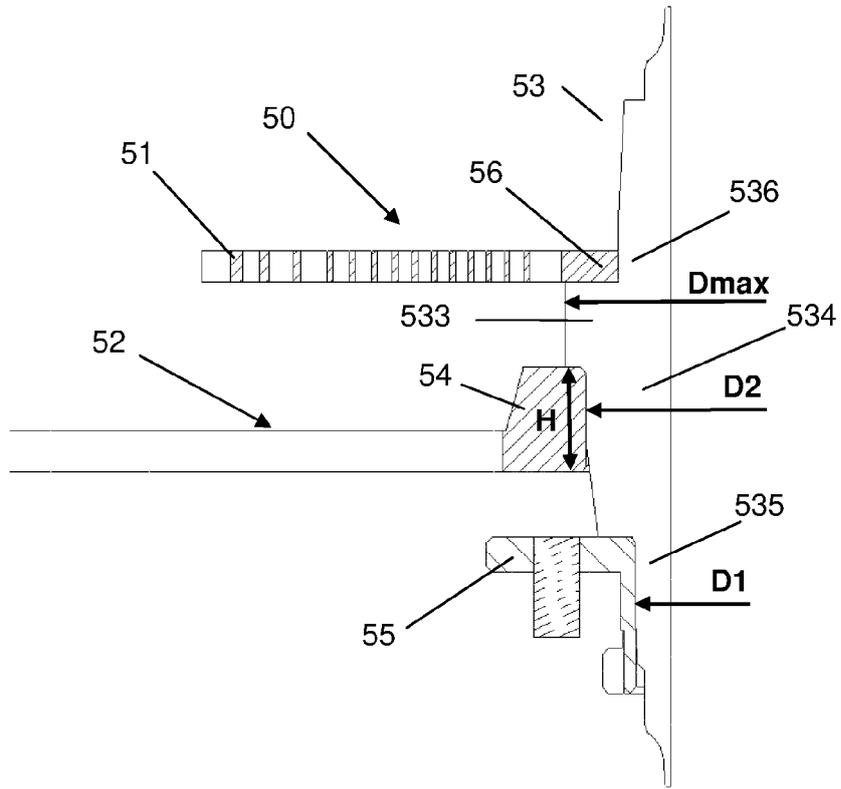


Figure 9

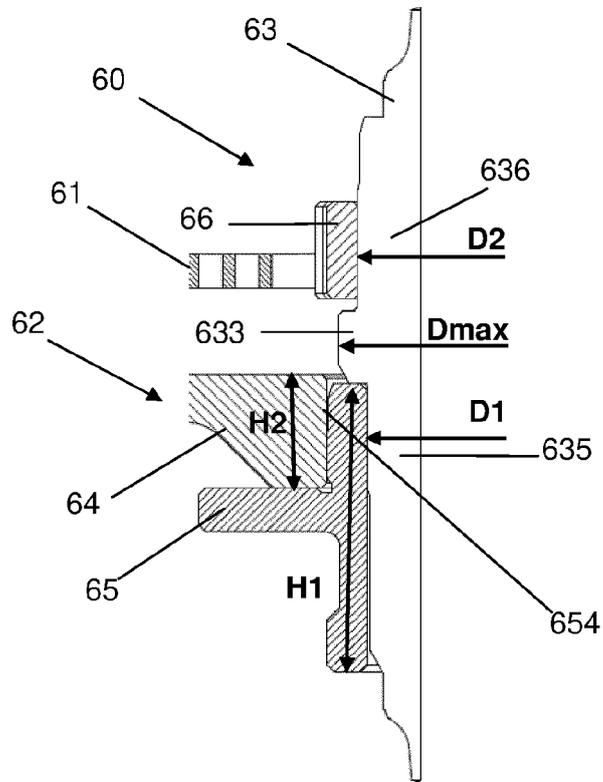


Figure 10

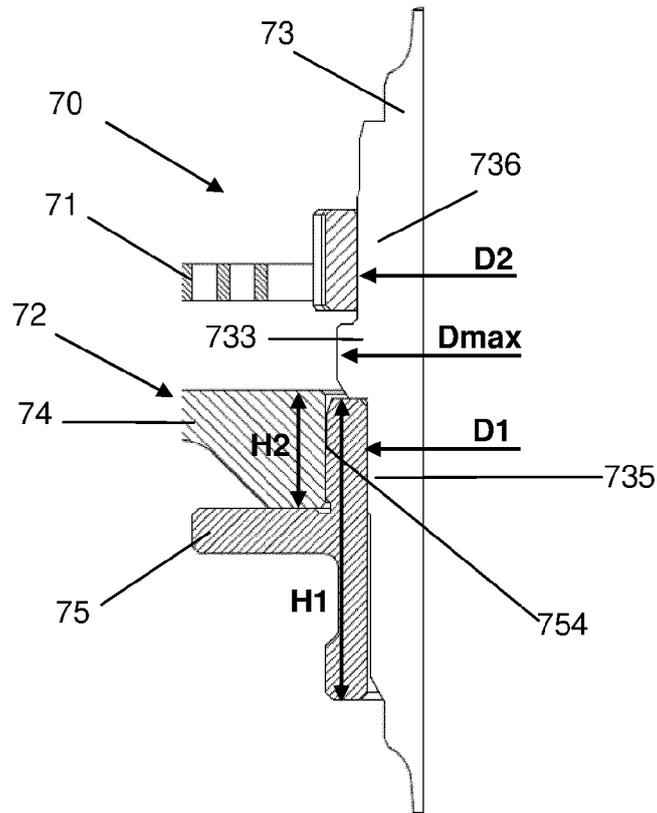


Figure 11

Oscillateur doté d'un spiral paramagnétique				
	Conception des figures 2 et 3 (art antérieur) Matière de l'axe balancier		Conception selon le 1er mode	Conception selon le 2ème mode
Résiduel moyen (400G)	Acier 20AP	CuBe2	Acier 20AP	Acier 20AP
Position horizontale [s/j]	17.5	1.7	1.3	non mesuré
Position verticale [s/j]	15.3	non mesuré	2	2

Figure 12

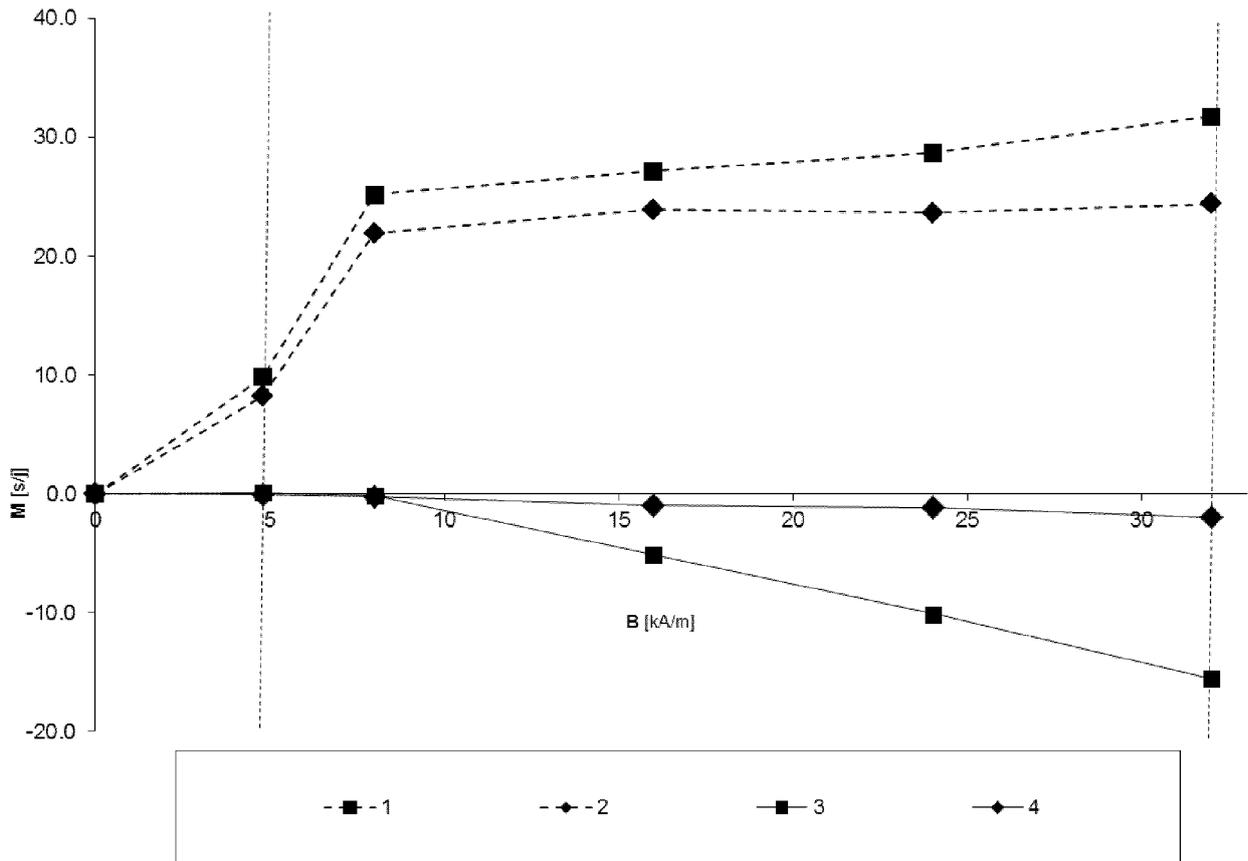


Figure 13

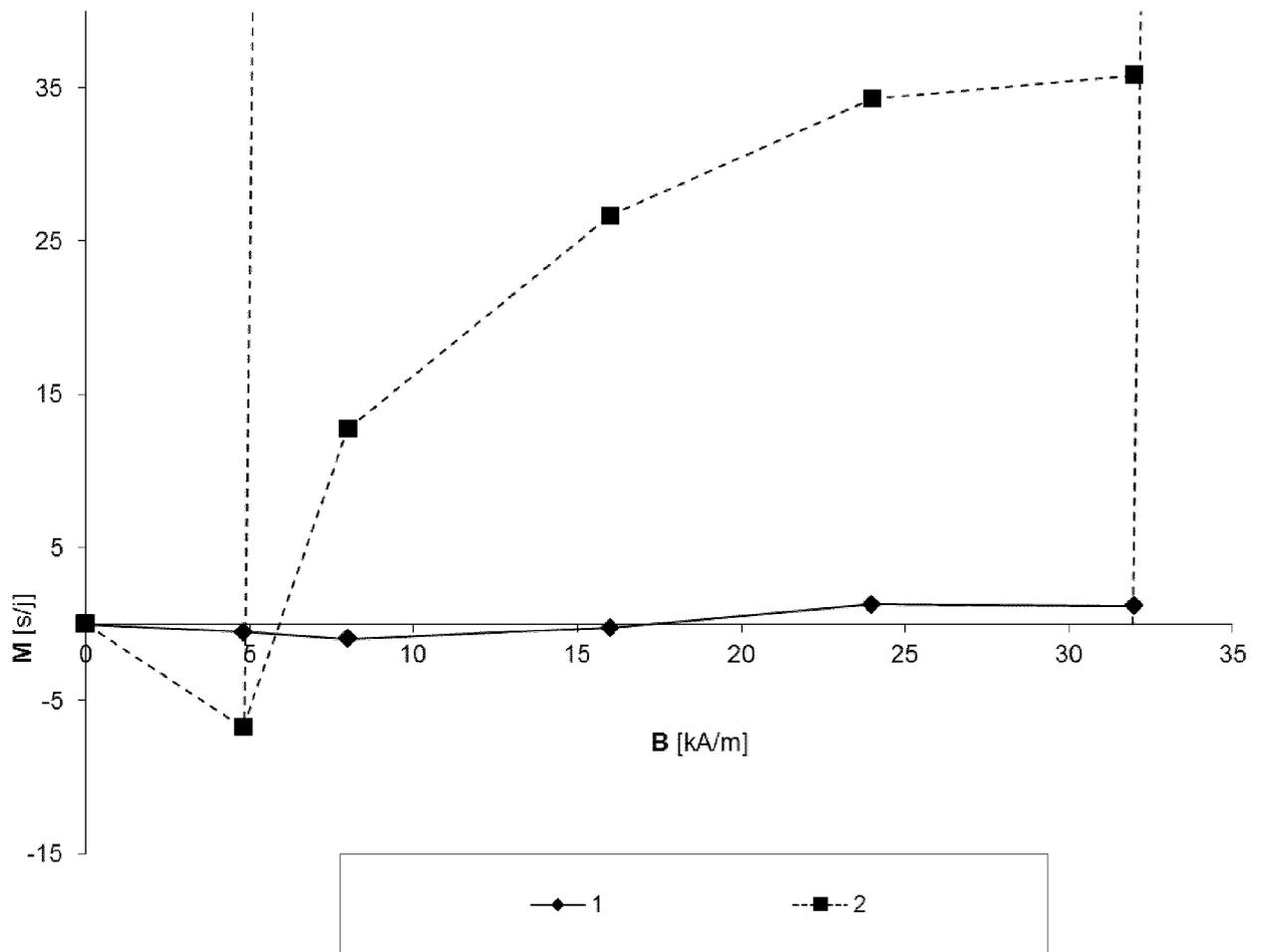


Figure 14