



(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**24.06.2015 Bulletin 2015/26**

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

(21) Numéro de dépôt: **14193409.1**

(22) Date de dépôt: **17.11.2014**

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

(72) Inventeurs:  
• **Conus, Thierry**  
**2543 Lengnau (CH)**  
• **Helfer, Jean-Luc**  
**2525 Le Landeron (CH)**  
• **Jeanneret, Laurent**  
**25130 Villers Le Lac (CH)**

(30) Priorité: **16.12.2013 EP 13197318**

(74) Mandataire: **Couillard, Yann Luc Raymond et al**  
**ICB**  
**Ingénieurs Conseils en Brevets SA**  
**Faubourg de l'Hôpital 3**  
**2001 Neuchâtel (CH)**

(71) Demandeur: **ETA SA Manufacture Horlogère**  
**Suisse**  
**2540 Grenchen (CH)**

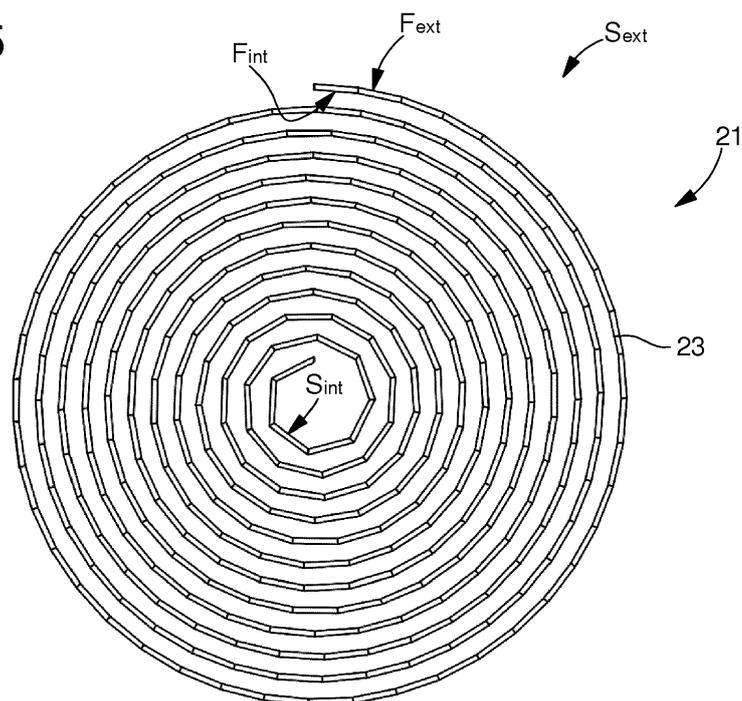
(54) **Spiral polygonal pour un résonateur horloger**

(57) Spiral (1, 21, 41, 61) pour un résonateur horloger comportant une lame (3, 23, 43, 63) enroulée sur elle-même selon plusieurs spires ( $S_1, S_2, S'_1, S'_2, S_3, S_{int}$ ). La lame (3, 23, 43, 63) est formée par une succession de portions ( $P_1, P_2, P_x, P'_x, P_y, P'_y, P_z$ ) prismatiques solidaires entre elles ou l'une desdites au moins deux faces

( $F_{int}, F_{ext}$ ) opposées étant formée par une succession de portions rectangulaires solidaires entre elles afin de former un spiral (1, 21, 41, 61) polygonal.

Ledit spiral est destiné au domaine des résonateurs pour pièce d'horlogerie.

**Fig. 5**



**Description**Domaine de l'invention

**[0001]** L'invention se rapporte à un spiral polygonal destiné à diminuer le risque de collement entre ses spires afin d'améliorer la marche d'un résonateur dans lequel ledit spiral est utilisé.

Arrière-plan de l'invention

**[0002]** Il est habituel dans l'horlogerie de former des spiraux dont l'enroulement de la lame épouse sensiblement la trajectoire d'une spirale d'Archimède. Toutefois, il a été remarqué que des collements de spires pouvaient être engendrés depuis l'utilisation en horlogerie des nouveaux matériaux comme par exemple du silicium cristallin.

Résumé de l'invention

**[0003]** Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie les inconvénients cités précédemment en proposant une alternative au spiral habituel qui évite le collement des spires entre elles.

**[0004]** A cet effet, selon un premier mode de réalisation, l'invention se rapporte à un spiral pour un résonateur horloger comportant une lame pleine enroulée sur elle-même selon plusieurs spires caractérisé en ce qu'au moins une partie de la lame est formée par une succession de portions prismatiques solidaires entre elles afin de former un spiral polygonal.

**[0005]** Selon un deuxième mode de réalisation, l'invention se rapporte à un spiral pour un résonateur horloger comportant une lame pleine enroulée sur elle-même selon plusieurs spires caractérisé en ce que les deux faces opposées de chaque spire étant en vis-à-vis avec au moins une autre spire, sont asymétriques et en ce qu'au moins une partie d'une desdites au moins deux faces opposées est formée par une succession de portions rectangulaires solidaires entre elles afin de former un spiral polygonal.

**[0006]** Avantageusement selon les deux modes de réalisation de l'invention, le spiral polygonal ainsi obtenu permet de diminuer géométriquement le risque de collement entre spires, voire de limiter strictement la surface de contact entre spires à la surface de jonction entre deux portions prismatiques de la lame ou entre deux portions rectangulaires de la face d'une spire.

**[0007]** Conformément à d'autres variantes avantageuses de l'invention :

- selon le premier mode de réalisation, au moins deux portions prismatiques adjacentes formant un angle obtus entre elles ;
- selon le premier mode de réalisation, les longueurs des portions prismatiques formant ledit spiral ne sont pas constantes ;

- selon le premier mode de réalisation, les longueurs des portions prismatiques diminuent, de manière continue, de la première portion prismatique de la spire interne jusqu'à la dernière portion prismatique de la spire externe dudit spiral ;
- selon le deuxième mode de réalisation, les longueurs des portions rectangulaires formant ladite une desdites au moins deux faces opposées, ne sont pas constantes ;
- selon le deuxième mode de réalisation, l'autre desdites au moins deux faces opposées est formée par une surface unique en forme de spirale ;
- au moins une partie de l'autre desdites au moins deux faces opposées est formée par une succession de portions rectangulaires solidaires entre elles ;
- selon le deuxième mode de réalisation, les longueurs des portions rectangulaires formant l'autre desdites au moins deux faces opposées, ne sont pas constantes ;
- selon le deuxième mode de réalisation, les longueurs des portions rectangulaires de l'une ou l'autre desdites au moins deux faces opposées augmentent, de manière continue, de la première portion rectangulaire de la spire interne jusqu'à la dernière portion rectangulaire de la spire externe dudit spiral ;
- selon les deux modes de réalisation, l'épaisseur de la lame est localement épaissie afin d'y augmenter sa rigidité ;
- selon les deux modes de réalisation, la spire interne est solidaire d'une virole agencée pour être fixée à un axe ;
- selon les deux modes de réalisation, le spiral est monobloc ;
- selon les deux modes de réalisation, le spiral est formé à base d'un matériau comportant du silicium.

**[0008]** Enfin, l'invention se rapporte également à une pièce d'horlogerie caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un spiral selon l'une des variantes précédentes.

Description sommaire des dessins

**[0009]** D'autres particularités et avantages ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique de deux portions prismatiques adjacentes selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- les figures 2 et 3 sont des vues de dessus partielles de deux exemples de spiral selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 est une vue en perspective partielle d'une virole et du début de spire interne d'un spiral selon l'invention ;
- les figures 5 et 6 sont des vues de dessus d'alternatives d'un spiral selon un premier mode de réalisation

de l'invention ;

- les figures 7 à 10 sont des vues de dessus d'alternatives ou variantes d'un spiral selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

#### Description détaillée des modes de réalisation préférés

**[0010]** La présente invention se rapporte à un spiral destiné au domaine de l'horlogerie. Plus précisément, le spiral est destiné à être monté dans une pièce d'horlogerie comme, par exemple, en coopération avec un balancier pour former un résonateur balancier - spiral formant l'organe réglant de la pièce d'horlogerie.

**[0011]** Comme expliqué ci-dessus, il a été remarqué que des collements de spires pouvaient être engendrés avec l'utilisation de spiraux en silicium cristallin. En effet, les hauteurs des spires se faisant faces sont tellement lisses qu'une adhérence peut être engendrée par simple rapprochement de deux spires lors, par exemple, d'un choc subi par la pièce d'horlogerie. Cette adhérence peut encore être augmentée par la contamination du spiral par des impuretés ou du lubrifiant lors de la fabrication ou au porté.

**[0012]** Le spiral 1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71 selon l'invention comporte une lame 3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73 pleine, c'est-à-dire ne comportant pas d'évidement ou d'ajourage, comprenant une longueur L, une hauteur H et une épaisseur E. La lame 3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73 est enroulée sur elle-même selon plusieurs spires  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S'_1$ ,  $S'_2$ ,  $S_3$ ,  $S_{ext}$ ,  $S_{int}$ .

**[0013]** Avantageusement selon un premier mode de réalisation de l'invention, au moins une partie de la lame 3, 23, 43, 63 est formée par une succession de portions  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_x$ ,  $P'_x$ ,  $P_y$ ,  $P'_y$ ,  $P_z$  prismatiques solidaires entre elles afin d'obtenir un spiral 1, 21, 41, 61 polygonal.

**[0014]** Le spiral 1, 21, 41, 61 polygonal ainsi obtenu permet de diminuer géométriquement le risque de collement entre spires  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S'_1$ ,  $S'_2$ ,  $S_3$ ,  $S_{ext}$ ,  $S_{int}$ , voire de limiter strictement la surface de contact entre spires  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S'_1$ ,  $S'_2$ ,  $S_3$ ,  $S_{ext}$ ,  $S_{int}$  à la surface de jonction entre deux portions  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_x$ ,  $P'_x$ ,  $P_y$ ,  $P'_y$ ,  $P_z$  prismatiques. En effet, chaque jonction forme un angle  $\alpha$  entre chaque portion P comme, dans l'exemple de la figure 1, l'angle  $\alpha_{z1}$  entre la portion  $P_z$  et la portion  $P_{z+1}$ . On comprend donc que la spire  $S_3$  possède, au niveau de chaque jonction, une surface de contact 5 sensiblement verticale et parallèle à la hauteur H qui fait face à la spire immédiatement consécutive.

**[0015]** Comme expliqué ci-dessus, la lame 3, 23, 43, 63 devant être enroulée sur elle-même, au moins deux portions prismatiques  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_x$ ,  $P'_x$ ,  $P_y$ ,  $P'_y$ ,  $P_z$  adjacentes forment, préférentiellement selon l'invention, un angle  $\alpha$  obtus, c'est-à-dire un angle  $\alpha$  inférieur à  $180^\circ$  mais supérieur à  $90^\circ$ . En effet, toutes les portions  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_x$ ,  $P'_x$ ,  $P_y$ ,  $P'_y$ ,  $P_z$  n'ont pas à être strictement non alignées et certaines portions  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_x$ ,  $P'_x$ ,  $P_y$ ,  $P'_y$ ,  $P_z$  consécutives peuvent avoir l'utilité d'être solidaires selon un angle  $\alpha$ , par exemple, égal à  $180^\circ$ .

**[0016]** Il est bien-sûr également possible que chaque portion  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_x$ ,  $P'_x$ ,  $P_y$ ,  $P'_y$ ,  $P_z$  prismatique soit solidarisée à au moins une autre portion prismatique adjacente selon un angle obtus. Un tel exemple est illustré aux figures 2 et 5.

**[0017]** A la figure 2, on peut voir partiellement un spiral 21 formé par une lame 23 unique dont deux spires successives  $S_1$ ,  $S_2$  sont formées respectivement par les portions  $P_x$ ,  $P_{x+1}$ ,  $P_{x+2}$ ,  $P_{x+3}$  et les portions  $P_y$ ,  $P_{y+1}$ ,  $P_{y+2}$ ,  $P_{y+3}$ ,  $P_{y+4}$ . La spire  $S_1$  en trait plein est référencée  $S_1$ , en trait discontinu pour illustrer son déplacement lors d'un choc. On remarque alors immédiatement que, contrairement à un spiral classique, seules les jonctions entre les portions  $P_x$ ,  $P_{x+1}$ ,  $P_{x+2}$ ,  $P_{x+3}$  entreront, lors d'un choc, en contact avec respectivement les portions  $P_y$ ,  $P_{y+1}$ ,  $P_{y+2}$ ,  $P_{y+3}$ ,  $P_{y+4}$ , etc. de la spire  $S_2$  immédiatement consécutive.

**[0018]** Afin d'augmenter les chances que les jonctions entre les portions  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_x$ ,  $P'_x$ ,  $P_y$ ,  $P'_y$ ,  $P_z$  seules touchent la spire immédiatement consécutive, les longueurs des portions  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_x$ ,  $P'_x$ ,  $P_y$ ,  $P'_y$ ,  $P_z$  prismatiques formant la spire interne dudit spiral peuvent être plus grandes que les longueurs des portions  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_x$ ,  $P'_x$ ,  $P_y$ ,  $P'_y$ ,  $P_z$  prismatiques formant la spire externe dudit spiral.

**[0019]** Toutefois, dans le but de totalement éviter le contact hors des jonctions, les longueurs des portions  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_x$ ,  $P'_x$ ,  $P_y$ ,  $P'_y$ ,  $P_z$  prismatiques diminuent, de manière continue, de la première portion prismatique de la spire interne jusqu'à la dernière portion prismatique de la spire externe dudit spiral quel que soit l'état d'armage du spiral. Un tel exemple est illustré aux figures 3 et 6.

**[0020]** A la figure 3, on peut voir partiellement un spiral 41 formé par une lame 43 unique dont deux spires successives  $S'_1$ ,  $S'_2$  sont formées respectivement par les portions  $P'_x$ ,  $P'_{x+1}$ ,  $P'_{x+2}$ ,  $P'_{x+3}$  et les portions  $P'_y$ ,  $P'_{y+1}$ ,  $P'_{y+2}$ ,  $P'_{y+3}$ ,  $P'_{y+4}$ . La spire  $S'_1$  en trait plein est référencée  $S'_1$ , en trait discontinu pour illustrer son déplacement lors d'un choc. On remarque alors immédiatement que, géométriquement, seules les jonctions de la spire  $S'_1$  entre les portions  $P'_x$ ,  $P'_{x+1}$ ,  $P'_{x+2}$ ,  $P'_{x+3}$  sont capables d'entrer, lors d'un choc, en contact avec respectivement les portions  $P'_y$ ,  $P'_{y+1}$ ,  $P'_{y+2}$ ,  $P'_{y+3}$ ,  $P'_{y+4}$ , etc. de la spire  $S'_2$  immédiatement consécutive.

**[0021]** Dans les exemples des figures 1 à 5, les faces  $F_{int}$ ,  $F_{ext}$  opposées de chaque portion prismatique d'une spire étant en vis-à-vis avec au moins une autre spire, sont préférentiellement symétriques, c'est-à-dire parallèles. Toutefois, les faces  $F_{int}$ ,  $F_{ext}$  opposées de chaque portion prismatique d'une spire pourraient également être asymétriques afin que la section formée par la hauteur H sur l'épaisseur E soit continûment variable, c'est-à-dire augmente et/ou diminue, en permanence sur chaque portion prismatique. Ainsi, l'asymétrie entre les deux faces  $F_{int}$ ,  $F_{ext}$  opposées de chaque portion prismatique induirait une variation continue de l'épaisseur E sur la longueur L de chaque portion prismatique. On comprend alors que les deux bases polygonales des portions pris-

matiques pourraient être, à titre d'exemple, hexagonales ou trapézoïdales.

**[0022]** Avantageusement selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, les deux faces  $F_{int}$ ,  $F_{ext}$  opposées de chaque spire étant en vis-à-vis avec au moins une autre spire, sont asymétriques comme illustré dans les exemples des figures 7 à 10 représentant des vues de dessus. On comprend donc que la section formée par la hauteur  $H$  sur l'épaisseur  $E$  est continûment variable, c'est-à-dire augmente ou diminue en permanence sur la longueur de la lame du spiral. En effet, l'asymétrie entre les deux faces  $F_{int}$ ,  $F_{ext}$  opposées induit une variation continue de l'épaisseur  $E$  sur la longueur de la lame du spiral.

**[0023]** Préférentiellement, au moins une partie d'une desdites au moins deux faces  $F_{int}$ ,  $F_{ext}$  opposées est formée par une succession de portions rectangulaires solidaires entre elles afin de former un spiral 11, 31, 51, 71 polygonal.

**[0024]** Le spiral 11, 31, 51, 71 polygonal ainsi obtenu permet de diminuer géométriquement le risque de collement entre les spires comprises entre la spire interne  $S_{int}$  et la spire externe  $S_{ext}$ , voire de limiter strictement la surface de contact entre spires à la surface de jonction (symbolisé par un point aux figures 7 à 10) entre deux portions rectangulaires. En effet, comme pour le premier mode de réalisation, chaque jonction forme un angle  $\alpha$  entre chaque portion rectangulaire. On comprend donc que la spire interne  $S_{int}$  possède, au niveau de chaque jonction, une surface de contact sensiblement verticale et parallèle à la hauteur  $H$  qui fait face à la spire immédiatement consécutive.

**[0025]** Comme expliqué ci-dessus, la lame 13, 33, 53, 73 devant être enroulée sur elle-même, au moins deux portions rectangulaires adjacentes forment, préférentiellement selon l'invention, un angle  $\alpha$  obtus, c'est-à-dire un angle  $\alpha$  inférieur à  $180^\circ$  mais supérieur à  $90^\circ$ . En effet, toutes les portions n'ont pas à être strictement non alignées et certaines portions consécutives peuvent avoir l'utilité d'être solidaires selon un angle  $\alpha$ , par exemple, égal à  $180^\circ$ .

**[0026]** Il est bien-sûr également possible que chaque portion rectangulaire soit solidarisée à au moins une autre portion rectangulaire adjacente selon un angle obtus comme illustré dans les exemples des figures 7 à 10.

**[0027]** De plus, les longueurs des portions rectangulaires formant ladite une desdites au moins deux faces opposées peuvent ne pas être constante. Ainsi, suivant une première alternative illustrée aux figures 7 et 9, en partant de la spire interne  $S_{int}$ , la face externe  $F_{ext}$  de chaque spire est formée par une succession de portions rectangulaires solidaires entre elles (chaque jonction étant symbolisée par un point), la longueur de chaque portion rectangulaire étant constante.

**[0028]** A l'inverse, suivant une deuxième alternative illustrée aux figures 8 et 10, en partant de la spire interne  $S_{int}$ , la face externe  $F_{ext}$  de chaque spire est formée par une succession de portions rectangulaires solidaires en-

tre elles, la longueur de chaque portion rectangulaire n'étant pas constante.

**[0029]** Préférentiellement, les longueurs des portions rectangulaires augmentent, de manière continue, de la première portion rectangulaire de la face externe  $F_{ext}$  de la spire interne  $S_{int}$  jusqu'à la dernière portion rectangulaire de la face externe  $F_{ext}$  de la spire externe  $S_{ext}$  du spiral 31, 71.

**[0030]** Comme visible aux figures 7 à 10, chaque face  $F_{int}$ ,  $F_{ext}$  opposées de chaque spire étant asymétriques, c'est-à-dire non parallèles, l'autre face est libre quant à sa géométrie contrairement au premier mode de réalisation dans lequel les faces  $F_{int}$ ,  $F_{ext}$  opposées de chaque portion prismatique sont préférentiellement symétriques, c'est-à-dire parallèles. Ainsi, selon une première variante, l'autre desdites au moins deux faces  $F_{int}$ ,  $F_{ext}$  opposées est formée par une surface unique en forme de spirale comme un spiral habituel.

**[0031]** Dans l'exemple visible à la figure 7, le spiral 11 comporte une face interne  $F_{int}$  formée par une surface unique en forme de spirale alors que sa face externe  $F_{ext}$  est formée par une succession de portions rectangulaires solidaires entre elles (chaque jonction étant symbolisée par un point), la longueur de chaque portion rectangulaire étant constante. On comprend donc que géométriquement l'épaisseur  $E$  de la lame 13 n'est pas constante.

**[0032]** Dans l'exemple visible à la figure 8, le spiral 21 comporte une face interne  $F_{int}$  formée par une surface unique en forme de spirale alors que sa face externe  $F_{ext}$  est formée par une succession de portions rectangulaires solidaires entre elles, la longueur de chaque portion rectangulaire n'étant pas constante. Plus précisément, les longueurs des portions rectangulaires augmentent, de manière continue, de la première portion rectangulaire de la face externe  $F_{ext}$  de la spire interne  $S_{int}$  jusqu'à la dernière portion rectangulaire de la face externe  $F_{ext}$  de la spire externe  $S_{ext}$  du spiral 31. On comprend donc que géométriquement l'épaisseur  $E$  de la lame 33 n'est pas non plus constante.

**[0033]** Selon une deuxième variante, l'autre desdites au moins deux faces  $F_{int}$ ,  $F_{ext}$  opposées peut également être formée par une succession de portions rectangulaires solidaires entre elles comme pour la première face.

**[0034]** Dans l'exemple visible à la figure 9, chaque face interne  $F_{int}$  et externe  $F_{ext}$  du spiral 51 est formée par une succession de portions rectangulaires solidaires entre elles (chaque jonction étant symbolisée par un point), la longueur de chaque portion rectangulaire étant constante. On remarque que la longueur constante choisie pour chaque face  $F_{int}$ ,  $F_{ext}$  n'est pas identique. En effet, la longueur constante de chaque portion rectangulaire de la face interne  $F_{int}$  est plus petite que la longueur constante de chaque portion rectangulaire de la face externe  $F_{ext}$ . On comprend, ici aussi, que géométriquement l'épaisseur  $E$  de la lame 53 n'est pas constante.

**[0035]** Dans l'exemple visible à la figure 10, chaque face interne  $F_{int}$  et externe  $F_{ext}$  du spiral 71 est formée par une succession de portions rectangulaires solidaires

entre elles (chaque jonction étant symbolisée par un point), la longueur de chaque portion rectangulaire n'étant pas constante. Plus précisément, pour chaque face  $F_{int}$ ,  $F_{ext}$ , les longueurs des portions rectangulaires augmentent, de manière continue, de la première portion rectangulaire de la spire interne  $S_{int}$  jusqu'à la dernière portion rectangulaire de la spire externe  $S_{ext}$  du spiral 71. On remarque que la longueur minimale choisie pour chaque face  $F_{int}$ ,  $F_{ext}$  n'est pas identique. En effet, la longueur minimale de la première portion rectangulaire de la face interne  $F_{int}$  est plus petite que la longueur minimale de la première portion rectangulaire de la face externe  $F_{ext}$ . On comprend, ici aussi, que géométriquement l'épaisseur  $E$  de la lame 73 n'est pas constante.

**[0036]** Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à l'exemple illustré mais est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, les modes de réalisation, variantes ou alternatives sont combinables. Ainsi, à titre d'exemple, une partie de la longueur du spiral pourrait être formée à l'aide d'un des modes de réalisation et, une autre partie de la longueur du spiral, par un autre mode de réalisation.

**[0037]** De plus, le spiral 1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71 polygonal peut également comporter une spire interne  $S_{int}$  qui est solidaire d'une virole agencée pour être fixée à un axe. Un tel exemple est illustré à la figure 4. A cette figure 4, on peut voir partiellement un spiral 61 formé par une lame 63 unique dont la spire interne  $S_{int}$  est formée par les portions  $P_1$ ,  $P_2$ , etc. reliée entre elles par un angle  $\alpha_{12}$ , la première portion  $P_1$  étant solidaire d'une virole 65. La virole 65 sensiblement en forme de trèfle comporte un trou 64 destiné, par exemple, à recevoir un axe de balancier.

**[0038]** Il est également envisageable, quel que soit le mode de réalisation, que l'épaisseur  $E$  de la lame 3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73 du spiral 1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71 soit localement modifiée, comme par exemple épaissie, afin de modifier, comme par exemple augmenter, localement la rigidité de la lame 3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73.

**[0039]** A la lecture des exemples ci-dessus, on comprend que le spiral 1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71 peut être monobloc, c'est-à-dire que la lame 3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73 est formée sans discontinuité de matière. Un tel spiral peut être formé à base d'un matériau comportant du silicium, c'est-à-dire, par exemple, du silicium monocristallin, du silicium polycristallin, du silicium monocristallin dopé, du silicium polycristallin dopé, du carbure de silicium dopé ou non, du nitrure de silicium dopé ou non, de l'oxyde de silicium dopé ou non tel que le quartz ou de la silice. En effet, le gravage anisotrope de tels matériaux peut être réalisé par voie humide ou par voie sèche.

## Revendications

1. Spiral (1, 21, 41, 61) pour un résonateur horloger comportant une lame (3, 23, 43, 63) pleine enroulée sur elle-même selon plusieurs spires ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S'_1$ ,  $S'_2$ ,  $S_3$ ,  $S_{int}$ ,  $S_{ext}$ ) **caractérisé en ce qu'**au moins une partie de la lame (3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73) est formée par une succession de portions ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_x$ ,  $P'_x$ ,  $P_y$ ,  $P'_y$ ,  $P_z$ ) prismatiques solidaires entre elles afin de former un spiral (1, 21, 41, 61) polygonal.
2. Spiral (1, 21, 41, 61) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'**au moins deux portions ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_x$ ,  $P'_x$ ,  $P_y$ ,  $P'_y$ ,  $P_z$ ) prismatiques adjacentes forment un angle ( $\alpha$ ,  $\alpha_{z1}$ ,  $\alpha_{12}$ ) obtus entre elles.
3. Spiral (1, 21, 41, 61) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les longueurs des portions ( $P_1$ ,  $P_2$ ) prismatiques formant ledit spiral ne sont pas constantes.
4. Spiral (1, 21, 41, 61) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** les longueurs des portions ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_x$ ,  $P'_x$ ,  $P_y$ ,  $P'_y$ ,  $P_z$ ) prismatiques diminuent, de manière continue, de la première portion ( $P_1$ ) prismatique de la spire interne ( $S_{int}$ ) jusqu'à la dernière portion ( $P_x$ ,  $P'_x$ ,  $P_y$ ,  $P'_y$ ,  $P_z$ ) prismatique de la spire externe dudit spiral.
5. Spiral (11, 31, 51, 71) pour un résonateur horloger comportant une lame (13, 33, 53, 73) pleine enroulée sur elle-même selon plusieurs spires ( $S_{int}$ ,  $S_{ext}$ ) **caractérisé en ce que** les deux faces ( $F_{int}$ ,  $F_{ext}$ ) opposées de chaque spire étant en vis-à-vis avec au moins une autre spire, sont asymétriques et **en ce qu'**au moins une partie de l'une desdites au moins deux faces ( $F_{int}$ ,  $F_{ext}$ ) opposées est formée par une succession de portions rectangulaires solidaires entre elles afin de former un spiral (11, 31, 51, 71) polygonal.
6. Spiral (11, 31, 51, 71) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** les longueurs des portions rectangulaires formant ladite une desdites au moins deux faces opposées, ne sont pas constantes.
7. Spiral (11, 31, 51, 71) selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce que** l'autre desdites au moins deux faces ( $F_{ext}$ ,  $F_{int}$ ) opposées est formée par une surface unique en forme de spirale.
8. Spiral (11, 31, 51, 71) selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce qu'**au moins une partie de l'autre desdites au moins deux faces ( $F_{ext}$ ,  $F_{int}$ ) opposées est formée par une succession de portions rectangulaires solidaires entre elles.
9. Spiral (11, 31, 51, 71) selon la revendication précé-

dente, **caractérisé en ce que** les longueurs des portions rectangulaires formant l'autre desdites au moins deux faces opposées, ne sont pas constantes.

10. Spiral (11, 31, 51, 71) selon l'une des revendications 5 à 9, **caractérisé en ce que** les longueurs des portions rectangulaires augmentent, de manière continue, de la première portion rectangulaire de la spire interne ( $S_{int}$ ) jusqu'à la dernière portion rectangulaire de la spire externe ( $S_{ext}$ ) dudit spiral. 5  
10
11. Spiral (1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la lame (13, 33, 53, 73) est localement épaissie afin d'y augmenter sa rigidité. 15
12. Spiral (1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la spire interne ( $S_{int}$ ) est solidaire d'une virole (65) agencée pour être fixée à un axe. 20
13. Spiral (1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le spiral (1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71) est monobloc. 25
14. Spiral (1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le spiral (1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71) est formé à base d'un matériau comportant du silicium. 30
15. Pièce d'horlogerie **caractérisée en ce qu'elle** comporte au moins un spiral (1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71) selon l'une des revendications précédentes. 35

35

40

45

50

55

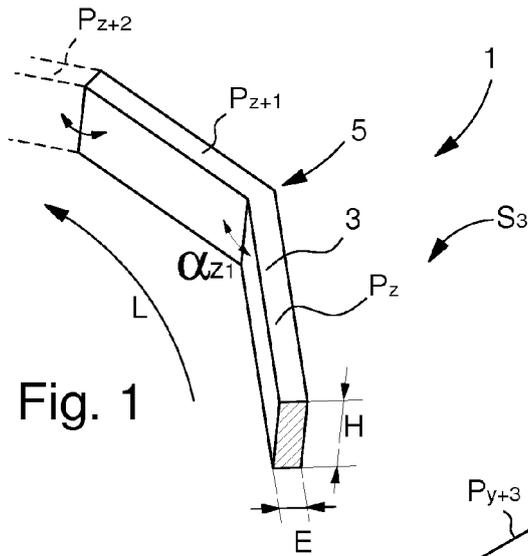


Fig. 1

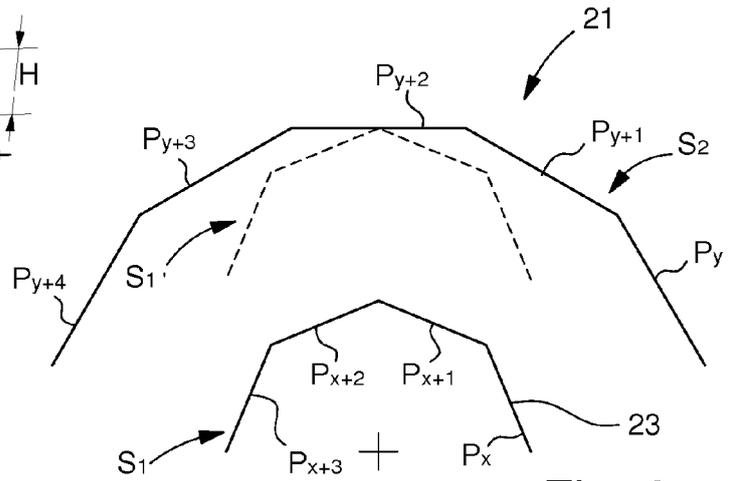


Fig. 2

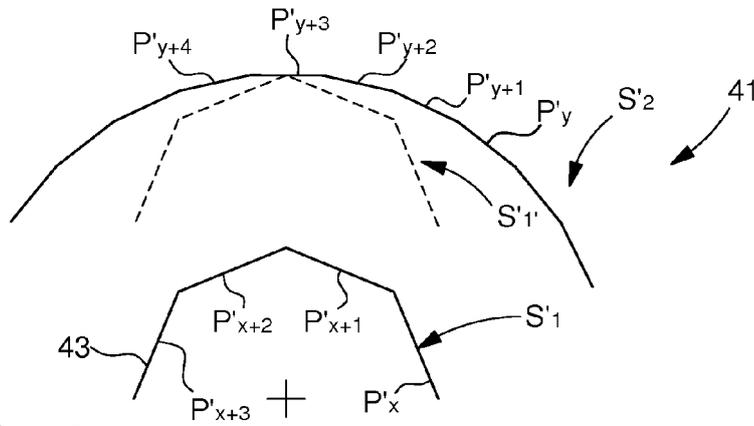


Fig. 3

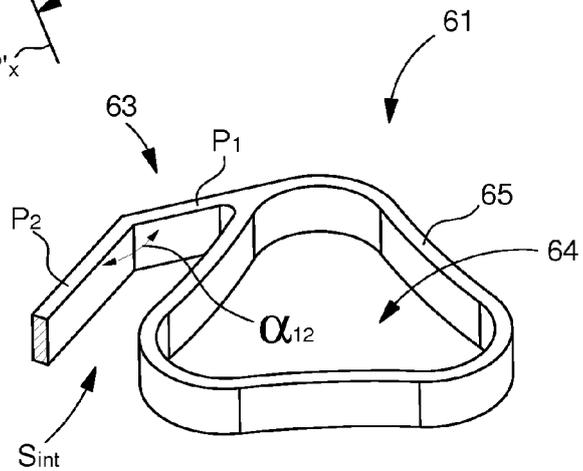


Fig. 4

Fig. 5

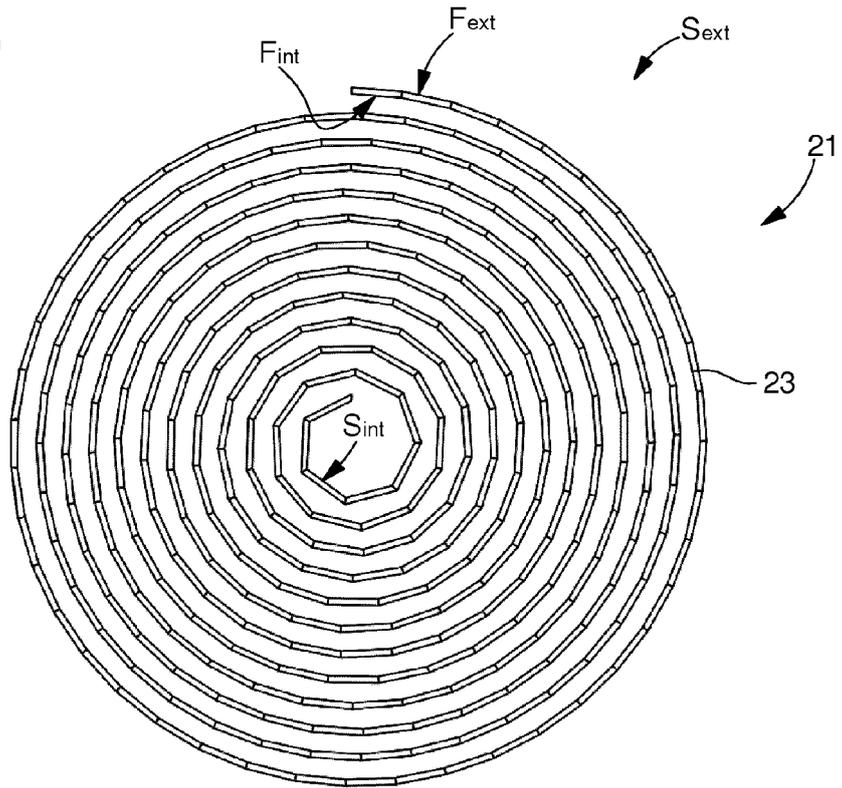


Fig. 6

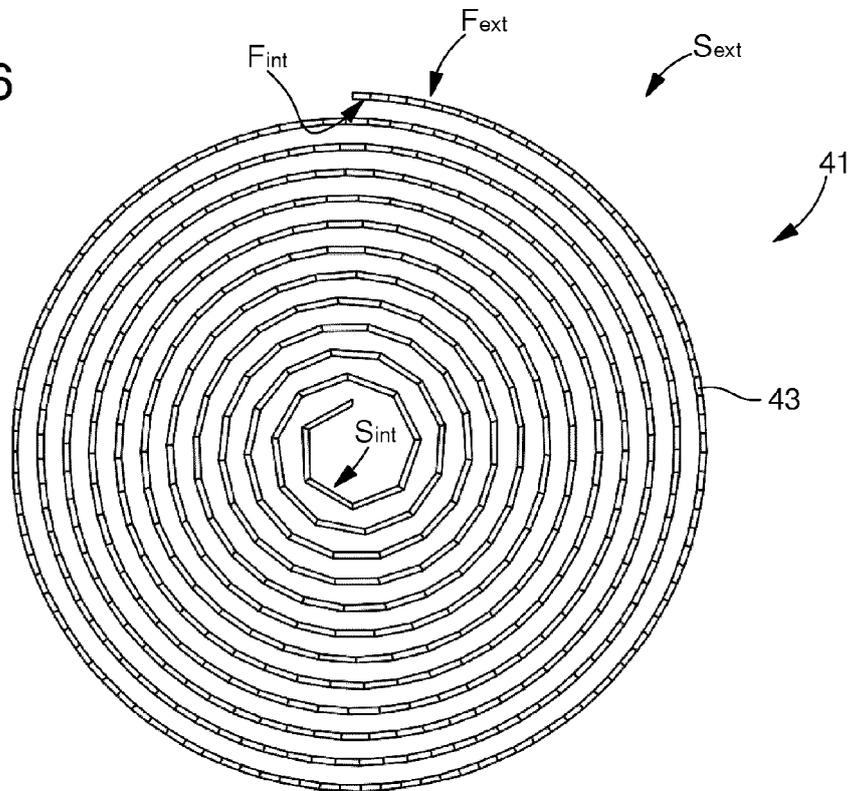


Fig. 7

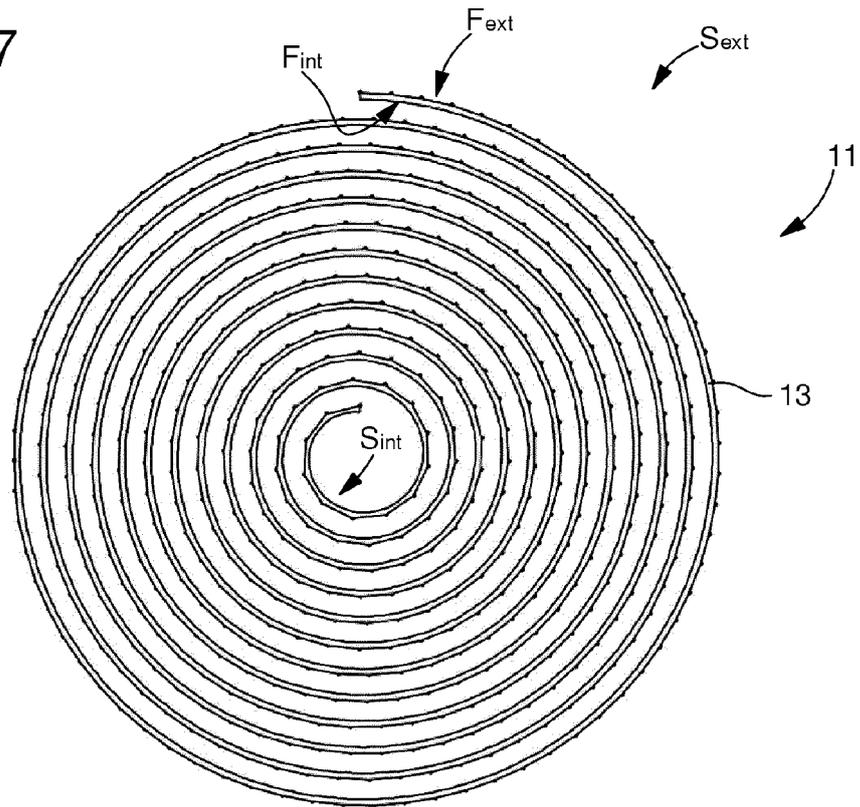


Fig. 8

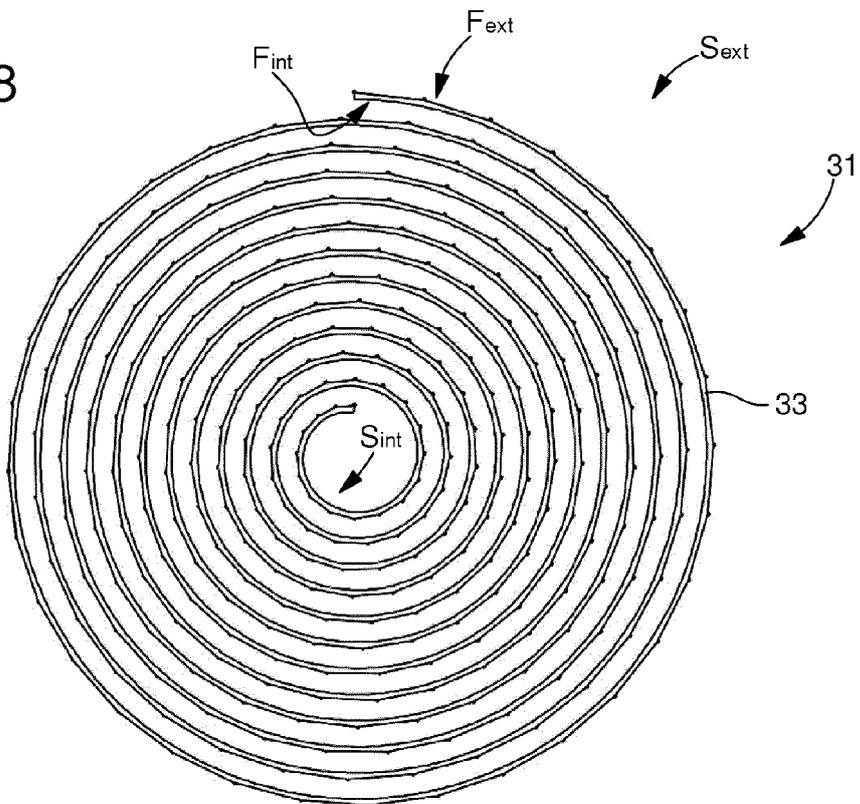


Fig. 9

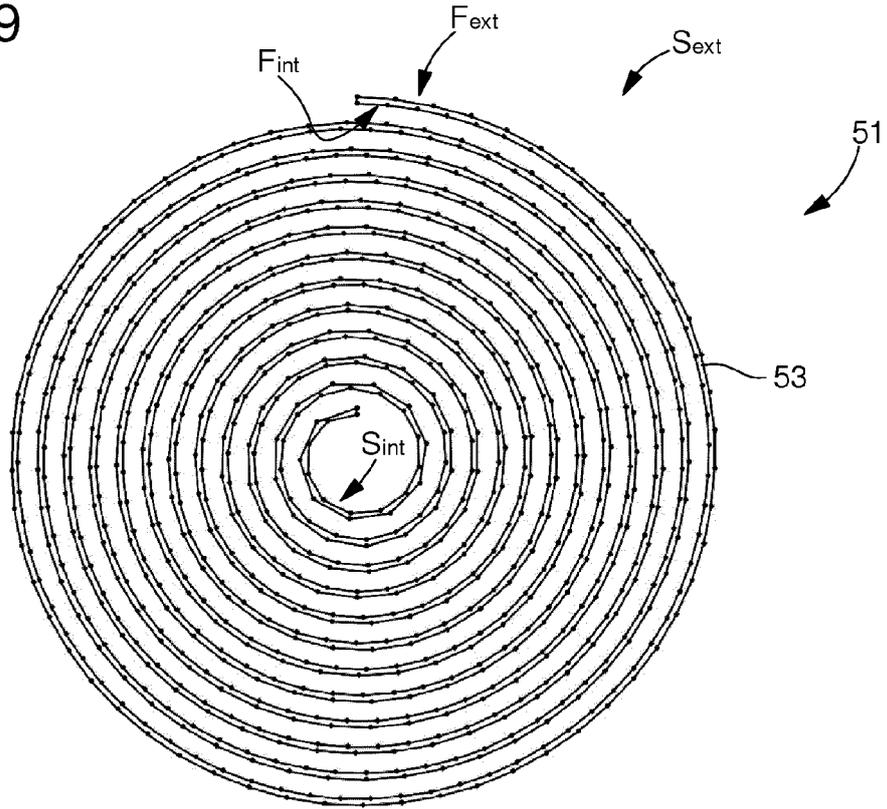


Fig. 10

