

CONFÉDÉRATION SUISSE  
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **715 438 A1**

(51) Int. Cl.: **G04B 17/04** (2006.01)  
**G04B 17/32** (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: 01228/18

(22) Date de dépôt: 08.10.2018

(43) Demande publiée: 15.04.2020

(71) Requéant:  
Manufacture et fabrique de montres et chronomètres  
Ulysse Nardin Le Locle S.A., Rue du Jardin 3  
2400 Le Locle (CH)

(72) Inventeur(s):  
Stéphane von Gunten, 2035 Corcelles (CH)

(74) Mandataire:  
e-Patent S.A., Rue Saint-Honoré 1 Case postale 2510  
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Oscillateur mécanique et mouvement horloger le comprenant.**

(57) L'invention concerne un oscillateur mécanique (1) pour pièce d'horlogerie comprenant :

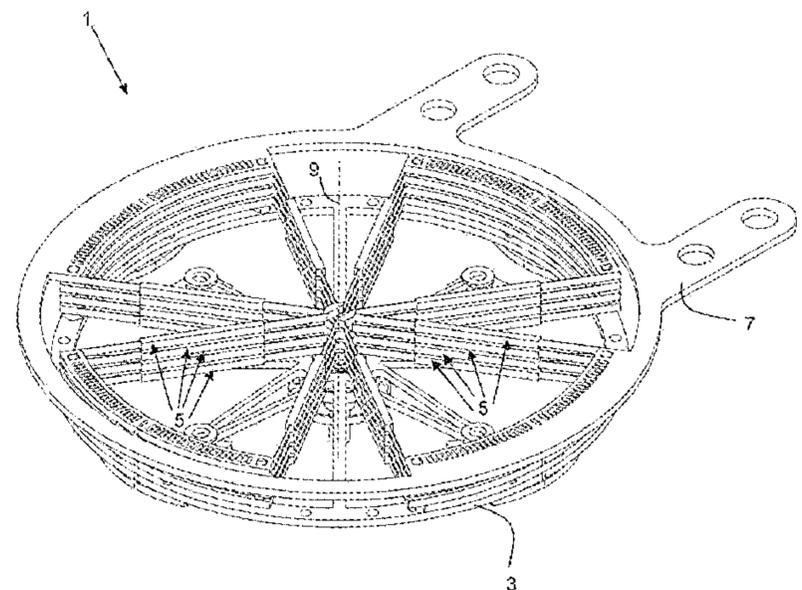
- un balancier suspendu (3) agencé pour osciller autour d'un axe de rotation géométrique (9),
- une pluralité de systèmes élastiques (5) agencés en série et reliant ledit balancier (9) à un organe d'attache (7) agencé pour fixer ledit oscillateur (1) à un élément structural que comporte ladite pièce d'horlogerie.

Chaque système élastique (5) comporte un nombre pair d'au moins quatre cadres extérieurs et au moins deux éléments de liaison intérieurs, chaque cadre portant deux éléments élastiques s'étendant chacun entre ledit cadre et l'un desdits éléments de liaison intérieurs.

Chaque élément de liaison intérieur est relié aux deux éléments élastiques portés par l'un desdits cadres ainsi qu'à un élément élastique adjacent de chacun des cadres du même système élastique (5) se situant de part et d'autre dudit l'un cadre.

Chacun desdits systèmes élastiques (5) est fixé à chaque système élastique (5) y adjacent par l'intermédiaire de l'un sur deux de ses cadres, cesdits cadres étant non adjacents l'un de l'autre.

L'invention concerne également un mouvement horloger comprenant un tel oscillateur mécanique.



## Description

### Domaine technique

[0001] La présente invention se rapporte au domaine de l'horlogerie. Elle concerne, plus particulièrement, un oscillateur mécanique dépourvu de pivot et comprenant un balancier suspendu au bâti par l'intermédiaire d'une pluralité de systèmes élastiques.

### Etat de la technique

[0002] Le document EP 2 273 323 décrit un oscillateur du genre susmentionné, dans lequel un balancier est suspendu à un élément de bâti par des systèmes élastiques agencés en série. Ces derniers comprennent chacun une paire de lames s'étendant en „V“ entre une partie centrale rigide et un cadre en arc de cercle, et servent à fournir le couple de rappel pour le balancier ainsi qu'à soutenir ce dernier. Dans le niveau supérieur de cette construction, le cadre est agencé pour être vissé sur un élément de bâti tel qu'une platine ou un pont, et la partie centrale rigide est fixée à celle du niveau adjacent. Le cadre de ce dernier niveau est à son tour fixé au cadre du prochain système élastique, qui est fixé par sa partie centrale rigide au système élastique subséquent. Cette séquence continue jusqu'au balancier, qui est fixé à son centre à la partie centrale rigide du dernier système élastique.

[0003] Dans cet agencement, plusieurs des systèmes élastiques sont liés entre eux par leurs parties centrales rigides, et le balancier est également fixé à la partie centrale rigide du dernier système élastique. Par conséquent, la rigidité angulaire de la suspension de la masse, considérée selon les deux axes perpendiculaires à l'axe de rotation de la masse, n'est pas optimale, et cette dernière peut ainsi pencher légèrement, notamment en cas de choc angulaire tendant à faire pivoter le balancier selon un axe sensiblement perpendiculaire à l'axe de rotation du balancier.

[0004] Par ailleurs, lors des oscillations, le cisaillement engendré dans les liaisons centrales est relativement élevé, ce qui augmente le risque de casse de ces interfaces.

[0005] Finalement, on note que chaque système élastique individuel est extrêmement déséquilibré autour de l'axe virtuel de rotation, ce qui donne lieu à des déplacements et des forces parasites non souhaités.

[0006] Le but de l'invention est par conséquent de proposer un oscillateur mécanique dans lequel les défauts susmentionnés sont au moins partiellement surmontés.

### Divulguation de l'invention

[0007] De façon plus précise, l'invention concerne un oscillateur mécanique pour pièce d'horlogerie comprenant un balancier suspendu, de n'importe quelle forme, agencé pour osciller autour d'un axe de rotation géométrique, c'est-à-dire un axe virtuel dépourvu d'arbre et de pivots conventionnels. Une pluralité de systèmes élastiques agencés en série relie ledit balancier à un organe d'attache agencé pour fixer ledit oscillateur directement ou indirectement à un élément structurel que comporte ladite pièce d'horlogerie, tel qu'un élément de bâti fixe, une cage de tourbillon ou de carrousel ou similaire. À cet effet, les systèmes élastiques présentent une raideur considérée parallèle à la direction axiale qui est suffisante pour suspendre et pour soutenir le balancier indépendamment de l'orientation du système par rapport à la direction du vecteur de gravité, et une élasticité autour dudit axe de rotation adaptée pour permettre au balancier d'osciller en rotation.

[0008] Selon l'invention, chaque système élastique comporte un nombre pair d'au moins quatre cadres extérieurs (c'est-à-dire quatre, six, huit ou même plus) et au moins deux éléments de liaison intérieurs. Chaque cadre porte deux (ou même plus) éléments élastiques (lames élastiques, combinaisons de barreaux rigides et lames ou cols, ou similaires qui assurent l'élasticité de l'élément élastique considéré dans son ensemble) s'étendant chacun entre ledit cadre et l'un desdits éléments de liaison intérieurs.

[0009] Chaque élément de liaison intérieur est relié aux deux éléments élastiques portés par l'un desdits cadres, ainsi qu'à un élément élastique adjacent de chacun des autres cadres du même système élastique se situant de part et d'autre dudit cadre considéré.

[0010] De plus, chacun desdits systèmes élastiques est fixé à chaque système élastique y adjacent au niveau d'un de ses cadres sur deux (ces cadres étant non adjacents l'un par rapport à l'autre), par exemple par l'intermédiaire de tenons, goupilles, plots, vis, soudage, collage ou similaires, ces moyens étant agencés pour rendre mutuellement solidaires les cadres en question. En d'autres mots, chaque système élastique qui est adjacent à un seul autre est fixé à cet autre par un cadre sur deux, et chaque système élastique qui se situe entre deux autres est fixé d'une part à un premier de ces autres systèmes par un cadre sur deux, et d'autre part à l'autre de ces autres systèmes par l'autre moitié de ses cadres.

[0011] Par ces moyens, chaque système élastique peut être mieux équilibré que ceux de l'art antérieur et, puisque les systèmes élastiques sont reliés en série par leurs cadres, la force ainsi transmise lors des oscillations est éloignée du centre de rotation et engendre par conséquent un cisaillement significativement moins important dans les liaisons entre systèmes élastiques.

[0012] Avantageusement :

- ledit balancier est relié à l'un cadre sur deux du système élastique y adjacent, cesdits cadres n'étant pas directement adjacents l'un par rapport à l'autre, les autres cadres interposés entre ceux fixés au balancier étant donc libres d'osciller par rapport à ce dernier ;  
ledit organe d'attache est relié à l'un cadre sur deux du système élastique y adjacent, cesdits cadres n'étant pas directement adjacents l'un par rapport à l'autre, les autres cadres interposés entre ceux fixés à l'organe d'attache étant donc libres d'osciller par rapport à l'organe d'attache.

**[0013]** Dans le cas où l'oscillateur comporte au moins trois desdits systèmes élastiques, chaque cadre appartenant à chaque système élastique intermédiaire (c'est-à-dire chaque système élastique qui n'est pas immédiatement adjacent au balancier ou à l'organe d'attache) est relié à un cadre de l'un ou l'autre des systèmes élastiques y adjacents, la moitié des cadres dudit système élastique considéré étant reliés à un cadre sur deux d'un autre système élastique situé en regard d'un premier côté du système élastique considéré (c'est-à-dire au premier système élastique y adjacent), les autres cadres que comportent ledit système élastique considéré étant reliés à un cadre sur deux d'un autre système élastique situé en regard du deuxième côté du système élastique considéré (c'est-à-dire au deuxième système élastique y adjacent), lesdits cadres du système élastique considéré étant reliés par alternances à l'un ou l'autre desdits systèmes élastiques adjacents, par leurs cadres (c'est-à-dire que les cadres du système élastique considéré sont liés, par une succession alternée, aux cadres correspondants du premier ou du deuxième système élastique adjacent).

**[0014]** Avantageusement, chaque système élastique est orienté d'un angle de  $(360/N)^\circ$  autour dudit axe de rotation par rapport au système élastique adjacent, N étant le nombre de cadres que comporte chacun desdits systèmes élastiques considérés individuellement. Donc, pour quatre cadres par système élastique, l'angle d'orientation relatif est de  $90^\circ$ , pour six cadres  $60^\circ$ , pour huit cadres  $45^\circ$ , etc.

**[0015]** Avantageusement, chaque élément élastique comporte une barre médiane substantiellement rigide, une première lame flexible s'étendant entre une première extrémité de ladite barre et l'un desdits éléments de liaison intérieurs ainsi qu'une deuxième lame flexible s'étendant entre une deuxième extrémité de ladite barre, opposée à ladite première extrémité, et l'un desdits cadres. Bien entendu, la plus petite dimension de la section desdites lames est, de préférence, orientée perpendiculairement audit axe de rotation afin de fournir de l'élasticité et de la rigidité dans les sens désirés, pour obtenir le fonctionnement décrit ci-dessus. Cette configuration d'élément élastique lui confère une raideur (c'est-à-dire une relation entre le déplacement angulaire déformant cet élément élastique et le couple qui y est associé) substantiellement constant en fonction de l'angle de rotation du balancier, en tout cas plus constant que d'autres configurations. Alternativement, les éléments élastiques peuvent être formés comme des lames simples, aucune barre médiane n'étant présente.

**[0016]** Avantageusement, chacun desdits éléments de liaison intérieurs est relié exclusivement à des cadres du même système élastique par l'intermédiaire des éléments élastiques correspondants. En d'autres termes, aucune liaison directe entre un élément de liaison intérieure d'un système élastique et un élément de liaison intérieure du système élastique adjacent n'est présente, les seules liaisons entre les systèmes élastiques étant au niveau des cadres comme décrit ci-dessus.

**[0017]** Avantageusement, l'oscillateur comporte en outre une tige s'étendant axialement depuis ledit balancier en direction opposée auxdits systèmes élastiques, ladite tige étant agencée pour prendre place avec jeu dans une ouverture prévue dans un élément structurel de ladite pièce d'horlogerie, aucun contact entre la tige et l'ouverture n'étant présent lors du fonctionnement normal de l'oscillateur. En cas de choc présentant une composante radiale, la tige peut ainsi entrer en contact avec les parois de ladite ouverture, ce qui limite le débattement radial du balancier et réduit la probabilité que les systèmes élastiques soient endommagés. Si l'ouverture définit également une butée axiale pour la tige, un choc tendant à éloigner le balancier du système élastique peut également être amorti en limitant le débattement du balancier dans cette direction.

**[0018]** Avantageusement, l'oscillateur comporte en outre une vis vissée axialement dans l'extrémité de ladite tige, la tête de ladite vis étant agencée pour entrer en contact avec une butée solidaire dudit élément structurel en cas de choc selon une direction axiale, notamment en cas de choc tendant à faire rapprocher le balancier des systèmes élastiques. Dans le cas d'un choc axial dans l'autre sens, la tige peut également buter contre une butée axiale correspondante. Par conséquent, en cas de choc dans n'importe quel sens, l'oscillateur est protégé puisque le débattement du balancier est limité dans toute direction.

**[0019]** Alternativement, l'oscillateur peut comporter un circlip ou une rondelle solidaire en translation de ladite tige et agencé pour entrer en contact avec une butée solidaire dudit élément structurel, et ce en cas de choc selon une direction axiale. Cette butée peut être rigide ou flexible.

**[0020]** Encore alternativement, ladite tige comporte une rainure circonférentielle agencée pour coopérer avec une butée que porte ledit élément structurel, et ce en cas de choc selon une direction axiale. À nouveau, cette butée peut être rigide ou flexible. Ladite rainure peut être usinée dans la tige, ou peut être constituée par un interstice entre deux bagues fixées sur cette dernière.

**[0021]** Avantageusement, ledit balancier est apte à effectuer des oscillations ayant une amplitude d'au moins  $15^\circ$ . Avec une amplitude d'au moins  $30^\circ$ , l'oscillateur est ainsi compatible avec des échappements conventionnels, comme par exemple

des échappements à ancre suisse ou anglaise, à détente, Omega-Daniels, ou similaire. Bien entendu, l'amplitude peut s'élever à au moins 60°, au moins 90°, ou même plus.

**[0022]** Avantageusement, chaque système élastique 5 présente une symétrie en rotation de  $(720/N)^\circ$ , N étant le nombre de cadres que comporte chaque système élastique.

**[0023]** Avantageusement, l'oscillateur mécanique peut se composer de deux oscillateurs individuels comme décrits ci-dessus, à agencés en tête-bêche et comportant un balancier commun. Ce dernier peut se composer d'un seul balancier, ou de deux sous-balanciers solidaires en rotation l'un de l'autre, par exemple par l'intermédiaire d'une tige s'étendant substantiellement le long de l'axe de rotation, par des piliers liant les serges des deux sous-balanciers, ou similaire.

**[0024]** Avantageusement, au moins certains desdits éléments élastiques sont fait en silicium muni d'une couche d'oxyde de silicium sur au moins certaines (de préférence l'ensemble) de leurs surfaces extérieures. Cette couche permet de modifier le coefficient thermique du module de Young des éléments élastiques et ainsi de compenser des erreurs de marche dues aux effets des variations de température sur les matériaux des systèmes élastiques et/ou du balancier.

### Brève description des dessins

**[0025]** D'autres détails de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- Fig. 1 est une vue isométrique, côté organe d'attache, d'un oscillateur mécanique selon l'invention en état assemblé ;
- Fig. 2 est une vue isométrique latérale de l'oscillateur mécanique de la figure 1 ;
- Fig. 3 est une vue isométrique, côté balancier, de l'oscillateur mécanique de la figure 1 ;
- Fig. 4 est une vue isométrique du balancier de l'oscillateur de la figure 1 ;
- Fig. 5 est une vue isométrique de l'un des systèmes élastiques de l'oscillateur de la figure 1 ;
- Fig. 6 est une vue isométrique, côté organe d'attache, du balancier et du système élastique y adjacent de l'oscillateur de la figure 1 ;
- Fig. 7 et 8 sont des vues isométriques de tenons utilisés pour relier les cadres de l'un des systèmes élastiques à ses voisins ;
- Fig. 9 est une vue isométrique de l'organe d'attache et le système élastique y associé de l'oscillateur de la figure 1 ;
- Fig. 10 est une vue isométrique explosée de l'oscillateur de la figure 1 ;
- Fig. 11 est une vue isométrique de deux systèmes élastiques adjacents de l'oscillateur de la figure 1 ;
- Fig. 12 est une vue isométrique coupée de l'oscillateur de la figure 1 ainsi que d'une partie du mouvement horloger dans lequel l'oscillateur est intégré ;
- Fig. 13 est une vue similaire à celle de la figure 12 dont une partie a été agrandie, illustrant une variante de l'agencement de protection antichoc ;
- Fig. 14 est une vue isométrique coupée agrandie d'encore une variante d'un agencement antichoc ;
- Fig. 15 est encore une vue isométrique coupée agrandie d'encore une autre variante d'un agencement antichoc ;
- Fig. 16 est encore une vue isométrique coupée agrandie d'encore une autre variante d'un agencement antichoc ; et
- Fig. 17 est une vue isométrique coupée d'une autre variante d'un oscillateur selon l'invention.

### Modes de réalisation de l'invention

**[0026]** Dans la description qui suit, le terme „rigide“ signifie qu'un élément n'est pas susceptible de se déformer substantiellement lors du fonctionnement normal de l'oscillateur, selon au moins une direction donnée. Sans indication d'une telle direction, un „élément rigide“ est considéré comme rigide dans toute direction. Le terme „élastique“ signifie par contre qu'une déformation élastique d'un élément est souhaitée lors dudit fonctionnement, également selon au moins une direction donnée, cette déformation ayant un effet recherché sur le fonctionnement de l'oscillateur. Si un élément est rigide selon une première direction et élastique selon une deuxième direction, ceci sera indiqué clairement dans le texte. Par ailleurs, afin de ne pas surcharger les figures, l'ensemble de signes de référence n'apparaît pas sur chaque dessin. Finalement, on note que, en l'absence d'autre indication explicite contraire, les relations spatiales entre des éléments sont définies par défaut lorsque l'oscillateur est au repos, et la direction axiale est déterminée par rapport à l'axe de rotation 9.

**[0027]** Les figures 1 à 3 illustrent un oscillateur mécanique 1 selon l'invention, en état assemblé. Cet oscillateur 1 comporte un balancier 3, qui fournit l'inertie qui, en coopération avec l'élasticité d'une pluralité de systèmes élastiques 5, détermine la fréquence d'oscillation de l'oscillateur 1 lorsque ce dernier est en marche, c'est-à-dire lorsqu'il est mis en oscillation. Ces systèmes élastiques 5 sont agencés en série de telle sorte à relier le balancier 3 à un organe d'attache 7, ce dernier étant agencé pour être fixé directement ou indirectement (par exemple par le biais d'une pièce intermédiaire) à un élément fixe d'une pièce d'horlogerie tel qu'un pont, une platine ou similaire ou à une cage de tourbillon. De cette façon, le balancier 3 est suspendu et peut pivoter sensiblement autour d'un axe de rotation 9 non-physique, c'est-à-dire autour d'un axe virtuel, géométrique et non autour d'un arbre monté entre paliers conventionnels. L'oscillateur 1 est ainsi dépourvu de pivots, ce qui réduit les frottements et améliore son facteur de qualité par rapport à un oscillateur balancier-spiral conventionnel.

**[0028]** Le balancier 3 du mode de réalisation illustré, qui est représenté en isolation sur la figure 4, est formé d'un cadre substantiellement rigide définissant une serge 3a périphérique ainsi qu'un moyeu 3b central, ces deux éléments étant reliés entre eux par une pluralité de bras 3c. Des bras supplémentaires 3d s'étendent en cantilever depuis le moyeu 3b en

direction de la serge 3a. La serge 3a ainsi que les bras supplémentaires 3d portent des masses 3f, déterminant l'inertie du balancier 3. En variant l'inertie par rapport à l'axe de rotation 9 des masses 3f portées par les bras supplémentaires 3d et/ou de celles portées par la serge 3a, la fréquence de résonance de l'oscillateur 1 peut être ajustée de façon connue. Alternativement, en variant la rigidité des éléments élastiques 5b (par exemple en enlevant de la matière par l'intermédiaire d'un laser), on peut également varier la fréquence de résonance de l'oscillateur.

**[0029]** Le moyeu 3b porte un plateau 3g (voir la figure 3) fixé dans l'ouverture centrale du moyeu 3b par le biais d'une pièce intermédiaire 3j (voir la figure 12) et porte une tige 3k s'étendant axialement en direction opposée aux systèmes élastiques 5. Le fonctionnement de cette tige 3k sera décrit ci-dessous dans le contexte de la figure 12.

**[0030]** Le plateau 3g porte une cheville 3h ainsi qu'un système anti-renversement 3i conformément à ceux du document EP 3 037 894. Cependant, le balancier 3 ainsi que le plateau 3g, peuvent prendre n'importe quelles formes connues, adaptées pour coopérer avec un échappement de n'importe quel genre, comme par exemple un échappement à ancre anglaise ou suisse, un échappement à détente, un échappement Omega-Daniels ou similaire. En ce qui concerne la serge 3a, cette dernière peut être complète, fendue, ou partielle (par exemple en ne comportant que deux sections en forme de barre ou en arc de cercle comme dans le document EP 2 273 323 susmentionné).

**[0031]** Comme mentionné ci-dessus, le balancier 3 est relié à l'organe d'attache 7 par l'intermédiaire d'une pluralité de systèmes élastiques 5, agencés en série. Dans le mode de réalisation illustré, l'oscillateur 1 comporte quatre de ces systèmes 5, mais le nombre peut varier par exemple entre deux et huit ou même plus.

**[0032]** La figure 5 illustre l'un parmi ces systèmes élastiques 5 en isolation. Ce dernier comporte quatre cadres rigides 5a, chacun en arc de cercle. Ces cadres sont reliés chacun par l'intermédiaire d'une paire d'éléments élastiques 5b à des organes de liaison intérieurs 5c, lesdits éléments élastiques 5b fixés à chaque cadre individuel 5a faisant un angle aigu entre eux préférentiellement entre 45° et 75°, plus préférentiellement entre 50° et 70°. Dans le mode de réalisation illustré, les quatre cadres 5a sont substantiellement identiques et s'étendent sur le même angle, et le système élastique 5 présente une symétrie en rotation de 180°. De cette façon, l'angle formé entre les éléments élastiques 5b de chaque cadre 5a est également substantiellement identique. Cependant, il est possible de varier ces angles, par exemple par paires opposées de cadres. On note par ailleurs que la prolongation de chaque élément élastique 5 intersecte de préférence l'axe de rotation 9 lorsque l'oscillateur est au repos.

**[0033]** Les éléments élastiques 5b du mode de réalisation illustré se composent chacun d'un barreau rigide 5d médian ainsi que d'une paire de lames élastiques 5f s'étendant de part et d'autre entre le barreau rigide et, d'une part l'un des cadres 5a, d'autre part un élément de liaison intérieur 5c. Les éléments élastiques 5b sont agencés pour présenter une élasticité en flexion dans le plan du système élastique 5, ainsi que d'être substantiellement rigide en flexion perpendiculaire audit plan. De cette façon, la raideur de l'élément élastique 5b perpendiculaire audit plan est au moins dix fois, de préférence au moins cent fois, celle dans ledit plan, la plus petite dimension de chaque lame 5f étant dans ce plan et donc perpendiculaire à l'axe de rotation 9. Cette forme d'élément élastique 5b présente une raideur angulaire qui est substantiellement constante en fonction de l'angle de rotation du balancier, c'est-à-dire que son coefficient d'élasticité reste substantiellement invariant lors des oscillations.

**[0034]** Alternativement, les éléments élastiques 5b peuvent prendre chacun la forme d'une lame simple, comme c'est le cas dans le document EP 2 273 323, ou peuvent prendre la forme de n'importe quel genre d'élément de flexion équivalent comme par exemple des agencements de cols situés de part et d'autre du barreau 5d rigide. Il n'est pas nécessaire non plus que les éléments élastiques 5b soient droits : en effet, ils peuvent prendre un grand nombre de formes ad hoc selon les besoins de l'homme du métier, notamment courbes.

**[0035]** Les organes de liaison intérieurs 5c sont séparés l'un de l'autre par une fente 5g et sont fixés chacun à quatre éléments élastiques 5b adjacents, dont les deux au milieu sont associés à l'un des cadres 5a, et les deux autres appartiennent chacun à un cadre 5a adjacent correspondant, ces derniers cadres 5a se situant de part et d'autre du premier cadre 5a mentionné.

**[0036]** Afin de mieux illustrer cet aspect du système élastique 5, les quatre cadres 5a et leurs lames correspondantes ont été indiqués par les lettres „A“, „B“, „C“ et „D“ sur la figure 5.

**[0037]** Par conséquent, un premier des organes de liaison intérieur 5c est solidaire d'un seul élément élastique 5b appartenant au cadre A, des deux éléments élastiques 5b du cadre B, ainsi que d'un seul des éléments élastiques 5b du cadre C, selon cette séquence. De la même façon, l'autre organe de liaison intérieur 5c est solidaire de l'autre élément élastique 5b du cadre C, des deux éléments élastiques 5b du cadre D, ainsi que de l'autre élément élastique 5b du cadre A.

**[0038]** Même si chaque système élastique 5 tel qu'illustré comporte quatre cadres 5a associés chacun à deux éléments élastiques 5b, on peut également en prévoir six ou même huit, ce qui augmentera le nombre d'éléments de liaison intérieurs 5c à trois ou quatre respectivement, chaque élément de liaison intérieur 5c restant associé à quatre éléments élastiques 5b adjacents de la manière décrite ci-dessus. À cet effet, la symétrie en rotation de chaque système élastique 5 est de  $(720/N)^\circ$ , où N est le nombre de cadres 5a par système élastique 5.

**[0039]** Comme mentionné ci-dessus, les systèmes élastiques 5 sont reliés en série entre le balancier 3 et l'organe d'attache 7, comme expliqué en détails ci-dessous.

**[0040]** Côté balancier 3, ce dernier est fixé à deux cadres 5a opposés d'un premier système élastique 5 par l'intermédiaire de tenons 11 (voir notamment la figure 6) qui assurent non seulement la fixation de ces composants l'un par rapport à l'autre, mais aussi une séparation prédéterminée entre le balancier 3 et le système élastique 5.

**[0041]** Ces tenons 11 peuvent prendre diverses formes, dont deux exemples différents et non limitatifs sont illustrés sur les figures 7 et 8, mais il est également possible de fixer les cadres 5a les uns aux autres par des entretoises quelconques, quelles que soient les pièces supplémentaires, ou les pièces venues de matière avec les cadres 5a.

**[0042]** La figure 7 illustre un premier tenon 11 qui est notamment fabricable à partir d'une plaque de matériau micro-usinable tel que du silicium. À cet effet, le tenon 11 comporte deux têtes 11a s'étendant en deux directions opposées, et séparées par une entretoise 11b de section rectangulaire, et peut être formé par gravage (laser, chimique (par exemple DRIE), par voie sèche...), électroformage (par exemple LIGA ou autre), par un procédé additif (impression 3D), ou tout autre procédé similaire. Les têtes 11a sont agencées pour être fixées dans des ouvertures correspondantes présentant des formes complémentaires prévues dans les éléments à lier par chassage, collage, soudage, clipsage ou similaire. L'entretoise 11b sert à définir une séparation prédéterminée entre les deux éléments ainsi fixés l'un à l'autre, afin que les cadres 5a, les éléments élastiques 5b et les éléments de liaison intérieurs 5c n'entrent pas en contact.

**[0043]** La figure 8 illustre un tenon 11 conventionnel, de section circulaire, qui peut être usiné de manière classique et qui ne nécessite pas d'être décrit en détail. Bien entendu, ses têtes 11a ainsi que son entretoise 11b remplissent les mêmes fonctions que ceux du tenon 11 de la figure 7. Des tenons 11 de cette forme peuvent également être fixés dans les ouvertures complémentaires par l'intermédiaire de chassage, collage, soudage, clipsage ou similaire.

**[0044]** Alternativement, les tenons 11 peuvent être venus de matière avec certains des cadres 5a.

**[0045]** Passant maintenant au côté opposé au balancier 3, la figure 9 illustre l'organe d'attache 7, qui est destiné à être fixé à un élément structurel fixe d'une pièce d'horlogerie, comme par exemple un pont ou une platine, ou bien à un élément structurel mobile telle qu'une cage de tourbillon ou de carrousel ou similaire. Dans le mode de réalisation illustré, cet organe d'attache comporte une paire de langues 7a munies d'une pluralité d'ouvertures destinées à recevoir des goupilles de positionnement, des vis de fixation, des pieds-vis ou similaire, ainsi qu'un anneau rigide 7b. Bien entendu, d'autres formes d'organes d'attache sont possibles.

**[0046]** Bien qu'il soit possible de fixer deux cadres 5a du dernier système élastique 5 à cet anneau de façon similaire à la fixation du balancier au système élastique 5 y adjacent, il est avantageux de former ledit dernier système élastique 5 de façon monobloc avec ledit organe d'attache 7. À cet effet, deux des cadres 5a sont formés intégralement avec l'anneau 7b, cesdits cadres 5a étant bien entendu opposés l'un par rapport à l'autre. Les deux autres cadres 5a qui se trouvent entre les cadres fixes 5a sont libres et peuvent ainsi se déplacer dans le plan de ce système élastique 5. Ce faisant, l'épaisseur de l'oscillateur 1 peut être réduite à un minimum, et chaque cadre 5a qui peut se déplacer se trouve entre les deux cadres 5a fixes.

**[0047]** On note par ailleurs qu'il est également possible que deux des cadres 5a du dernier système élastique 5 puissent agir eux-mêmes comme organes d'attache, en étant fixés directement ou indirectement à un élément structurel du mouvement, ou en étant intégrés à cet élément structurel.

**[0048]** La figure 10 illustre l'oscillateur 1 en vue explosée afin d'illustrer plus clairement l'agencement en série des divers systèmes élastiques 5.

**[0049]** Dans cette figure, le niveau de l'organe d'attache a été indiqué comme „niveau 1“, celui immédiatement adjacent au balancier comme „niveau 4“, et la séquence de niveaux intermédiaires a été numérotée comme indiquée sur la figure. Par ailleurs, les suffixes A, B, C, D ont été utilisés afin d'identifier les cadres spécifiques, suivant les indications correspondantes de la figure 5.

**[0050]** On commence par le système élastique 5 du niveau 1 qui, pour rappel, est venu de matière avec l'organe d'attache au niveau des cadres 5aB et 5aD. Les deux autres cadres 5aA et 5aC, qui sont libres de se déplacer dans leur plan par rapport à l'organe d'attache 7a, sont fixés aux deux cadres adjacents 5aB et 5aD du prochain système élastique 5, par l'intermédiaire des tenons 11 susmentionnés. Ce dernier système élastique 5 est orienté à 90° par rapport à celui intégré à l'organe d'attache et ce lorsque l'oscillateur 1 est au repos, de telle sorte que les fentes 5g entre les organes de liaison intérieurs 5c de chaque niveau s'orientent à 90° l'une par rapport à l'autre.

**[0051]** Les deux autres cadres 5aA et 5aC du niveau 2 sont à leur tour fixés par l'intermédiaire de tenons 11 aux deux cadres adjacents 5aB et 5aD du prochain système élastique 5 du niveau 3, les autres deux cadres 5aA et 5aC de ce niveau étant fixés à leur tour aux cadres 5aB et 5aD respectivement du niveau 4. Finalement, les autres cadres 5aA et 5aC du niveau 4 sont fixés au balancier 3. On note qu'on considère les systèmes élastiques 5 des niveaux 2 et 3 comme étant des systèmes élastiques 5 intermédiaires, puisque chacun de ces systèmes élastiques 5 est adjacent à deux autres situés de part et d'autre selon la direction axiale.

**[0052]** La figure 11 illustre plus clairement l'orientation relative de deux niveaux adjacents de systèmes élastiques 5, notamment les niveaux 4 et 3. L'orientation de cette vue est l'inverse de celle de la figure 10, et pour cette raison le niveau 4 est en dessus du niveau 3 sur cette figure. On voit clairement comment les fentes entre les organes de liaison intérieurs

5c de chaque niveau adjacent sont orientées à 90° l'une par rapport à l'autre, puisque les deux systèmes élastiques 5 sont orientés à 90° l'un par rapport à l'autre.

**[0053]** On note par ailleurs qu'il n'y a aucune liaison entre les différents niveaux au centre des systèmes élastiques 5, les organes de liaison intérieurs 5c d'un niveau donné étant libres par rapport à ceux du niveau adjacent. En effet, dans la construction proposée, les seules liaisons entre les niveaux se trouvent au niveau des cadres 5a.

**[0054]** Dans le cas où chaque système élastique comporte six cadres 5a (et ainsi trois organes de liaison intérieurs 5c), la relation angulaire entre chaque système élastique 5 et les systèmes élastiques 5 adjacents est de 60°. De la même façon, dans le cas de huit cadres par niveau, la relation angulaire est de 45°, les mêmes considérations s'y appliquant également. Plus généralement, pour N cadres, la relation angulaire entre systèmes élastiques adjacents est à raison de  $(360/N)^\circ$ , grâce à la symétrie en rotation de  $(720/N)^\circ$  de chaque système élastique 5.

**[0055]** Dans le mode de réalisation illustré, le nombre de systèmes élastiques 5 est quatre, mais le nombre peut varier entre deux et huit ou même plus. L'agencement de quatre systèmes élastiques 5 permet une amplitude d'environ 100° à 120° pour les oscillations du balancier 3, un nombre inférieur de systèmes élastiques 5 engendrant des oscillations de plus petites amplitude, un nombre supérieur entraînant des oscillations de plus grande amplitude.

**[0056]** La figure 12 illustre en vue isométrique coupée, l'oscillateur 1 décrit ci-dessus, monté sur un pont 11 solidaire d'une platine 13 d'un mouvement d'horlogerie. Cette platine 13 porte également un rouage de finissage 15 et un échappement 17 de manière connue. Afin de protéger l'oscillateur 1 de chocs au moins selon certaines directions, l'extrémité libre de la tige cylindrique 3k prend place dans une ouverture 19a prévue dans une bague 19 fixée dans la platine 13 par chassage, collage, soudage ou similaire. Alternativement, cette ouverture peut être formée directement dans la platine 13. L'ouverture 19a peut être borgne ou traversante, et dans le mode de réalisation illustrée elle est traversante mais comporte un épaulement 19c contre lequel l'extrémité de la tige 3k peut buter en cas de choc axial tendant à éloigner le balancier 3 des systèmes élastiques 5. Dans d'autres variantes de construction non illustrées, la bague 19 (ou l'ouverture susmentionnée formée directement dans un élément structurel) peut être prévue dans un pont, un élément d'une cage de tourbillon ou de carrousel, ou n'importe quel autre élément structurel, quel que ce soit fixe ou mobile. Ceci s'applique également pour les autres variantes décrites ci-dessous.

**[0057]** Lorsque l'oscillateur est au repos ou fonctionne normalement, un jeu existe entre la tige 3k et les parois intérieures de l'ouverture 19a, ces deux éléments n'entrant donc pas en contact. Cependant, en cas de choc radial, axial ou en rotation autour d'un axe autre que l'axe de rotation 9 de l'oscillateur 1, la tige 3k bute contre au moins l'une des parois intérieures de l'ouverture 19a, notamment contre sa paroi cylindrique ou son épaulement 19c. Ce faisant, le débattement du balancier 3 est limité, les contraintes mécaniques engendrées dans l'oscillateur sont limitées et le risque de rupture des éléments élastiques 5b est également minimisé. Cependant, cet agencement ne confère aucune protection contre un choc axial tendant à faire rapprocher le balancier 3 des systèmes élastiques 5, c'est-à-dire vers le haut selon l'orientation de cette figure.

**[0058]** La figure 13 illustre une variante d'un agencement antichoc qui diffère de celui de la figure 12 en ce qu'une vis 3p est vissée axialement dans l'extrémité libre de la tige 3k, la vis n'entrant pas en contact avec les parois de l'ouverture 19a lors du fonctionnement normal de l'oscillateur 1. L'ouverture 19a dans la bague 19 définit un épaulement 19c contre lequel la tête de la vis 3p bute en cas de choc axial tendant à faire rapprocher le balancier 3 des systèmes élastiques 5. À nouveau, lors du fonctionnement normal de l'oscillateur, ni la tige 3k, ni la vis 3p n'entre en contact avec une surface quelconque de l'ouverture 19a ou de l'épaulement. Le débattement de l'oscillateur est ainsi limité en cas de choc selon n'importe quel axe de translation ou de rotation, à l'exception de l'axe de rotation 9 de l'oscillateur 1.

**[0059]** La figure 14 illustre encore une variante d'un agencement antichoc, dans lequel la tige 3k est munie d'un circlip 3m qui est fixé à un endroit ad hoc, par exemple par clipsage. Alternativement, au lieu d'un circlip, on peut utiliser une rondelle chassée, collée, soudée ou similaire sur la tige 3k. Le débattement axial du balancier 3 est limité d'une part par la surface extérieure de la bague 19 qui est en regard du balancier 3, et d'autre part par un élément de butée 21 qui est solidaire d'un élément de bâti et dont l'extrémité 21a est en superposition du circlip 3m. Cet élément de butée peut prendre n'importe quelle forme, mais peut être par exemple une bascule montée sur l'élément de bâti. Cette bascule peut par exemple pivoter autour d'une goupille dans une plage angulaire déterminée par un excentrique ou par d'autres moyens de positionnement (comme par exemple deux vis opposées), un dispositif de verrouillage tel qu'une ou plusieurs vis ou similaires pouvant être agencé pour bloquer la bascule en pivotement. L'ouverture 19a dans la bague 19 est cylindrique dans la variante illustrée, mais rien n'empêche l'utilisation d'une bague 19 comme celle de la figure 12 dont l'ouverture 19a est partiellement fermée par un épaulement 19c.

**[0060]** Par conséquent, lors d'un choc radial ou angulaire, la tige 3k bute contre la paroi intérieure de l'ouverture 19a, et lors d'un choc axial, le circlip 3m bute contre l'une ou l'autre de la surface de la bague 19 ou l'extrémité 21a de l'élément de butée 21.

**[0061]** La figure 15 illustre encore une autre variante d'un agencement antichoc, où la tige 3k présente une rainure circonférentielle 3n dans laquelle prend place l'extrémité d'un élément de butée 21 fixé à un élément de bâti 13.

**[0062]** À nouveau, lorsque l'oscillateur 1 est au repos ou fonctionne normalement, la tige 3k n'entre en contact ni avec l'ouverture 19a, ni avec l'extrémité 21a de l'élément de butée 21, grâce au jeu qui est présent entre ces éléments.

**[0063]** En cas de choc axial, une surface de la rainure 3n entre en contact avec ladite extrémité 21a, ce qui limite le déplacement du balancier.

**[0064]** Même si une bague 19 annulaire simple comme celle de la figure 14 peut être utilisée dans cette variante, dans le mode de réalisation illustré, l'extrémité 21a de l'élément de butée 21 passe au travers d'une ouverture latérale 19b pratiquée dans la bague 19. Si l'élément de butée 21 présente une certaine élasticité en flexion, l'élément de butée 21 peut servir en tant qu'amortisseur de choc. En cas de choc axial fort, qui est suffisant pour faire fléchir l'élément de butée, ce dernier rentre en contact avec l'une ou l'autre des parois de ladite ouverture 19b qui se trouvent en regard de l'élément de butée 21 afin de limiter le déplacement du balancier 3.

**[0065]** La figure 16 illustre encore une variante d'un agencement antichoc, qui diffère de celle de la figure 15 en ce que, au lieu d'une rainure 3n usinée dans le corps de la tige 3k, deux bagues 3o, 3p sont chassées, collées ou soudées sur la tige 3k. Ces deux bagues 3o, 3p sont séparées l'une de l'autre par un interstice annulaire, qui constitue ladite rainure 3n dans laquelle l'extrémité 21a de l'élément de butée 21 prend place. Dans la variante illustrée, le diamètre de l'extrémité de la tige 3k est réduit, mais il est également possible qu'elle présente le même diamètre au niveau de chaque bague 3o, 3p.

**[0066]** Dans les figures 12-16, l'oscillateur 1 selon l'invention a été illustré fixé à un élément fixe de bâti d'un mouvement d'horlogerie. Cependant, il peut alternativement être fixé à un élément structurel mobile, telle qu'une cage de tourbillon ou de carrousel, ou à un pont fixé à son tour à une telle cage.

**[0067]** L'organe de fixation 7, les systèmes élastiques 5 ainsi que le cadre 3a du balancier 3 sont particulièrement adaptés à une fabrication par micro-usinage, sur la base d'un matériau non métallique.

**[0068]** À ce titre, on peut mentionner des procédés de fabrication par masquage et gravage (par voie humide ou sèche) de plaques de matériau (tels que le procédé DRIE), découpage laser de telles plaques et similaires. Des procédés de microstructuration sont également possibles, en modifiant la structure de plaques de matériau par exemple par irradiation laser (notamment par „femtolasers“) et puis l'élimination du matériau irradié par gravage chimique. En principe, on pourrait même créer un oscillateur monobloc en appliquant ce dernier procédé à un bloc de matériau photostructurable tel que du verre approprié.

**[0069]** Des procédés de fabrication additifs se basant sur l'impression 3D (stéréolithographie, frittage sélectif par laser, fusion sélective par laser, etc.) ou sur la formation de moules et leur remplissage de matériau tels que du LIGA (Lithographie, Galvanoformung, Abformung), frittage et similaires sont également envisageables.

**[0070]** En ce qui concerne des matériaux convenables, on peut citer de manière non limitative les suivants :

- Des matériaux à base de silicium, c'est-à-dire le silicium lui-même, son nitrure, son carbure ou son oxyde, sous forme amorphe, polycristallin (nanocristallin, microcristallin), monocristallin selon n'importe quel orientation cristallographique ;
- Le diamant synthétique ;
- Des céramiques telles que de l'alumine (rubis, corindon, saphir), sous forme mono- ou polycristallin ;
- Des verres, notamment des verres photostructurables comme mentionné ci-dessus ;
- Des verres céramiques ;
- Des métaux conventionnels présentant des propriétés élastiques convenables ;
- Des verres métalliques (c'est-à-dire des métaux amorphes).

**[0071]** Ces matériaux peuvent également être revêtus, par exemple par de l'oxyde de silicium, du carbone adamantin (DLC), de l'alumine ou similaire, afin de modifier leurs propriétés mécaniques, thermiques ou optiques, de manière connue. Si les systèmes élastiques 5 sont à base de silicium, une couche extérieure en oxyde de silicium peut être avantageusement formée sur une âme de silicium afin de rendre la marche de l'oscillateur 1 substantiellement indépendant de la température en modifiant le coefficient thermique du module de Young des éléments élastiques 5b. En effet, en variant l'épaisseur de cette couche, ledit coefficient thermique du module de Young des éléments élastiques peut être rendu substantiellement nul, ou peut être rendu l'inverse de celui du silicium afin de compenser les variations de la marche engendrées par la dilatation thermique du balancier. Par ailleurs, il est également possible d'appliquer l'enseignement du document EP 2 215 531 aux éléments élastiques 5b du présent oscillateur 1. Ce faisant, le constructeur peut fabriquer un oscillateur 1 qui respecte les critères du COSC, ces derniers exigeant une précision de marche de  $\pm 0.6s/(j^{\circ}C)$ .

**[0072]** Finalement, la figure 17 illustre encore une autre variante d'un oscillateur mécanique 1 selon l'invention, qui comporte deux oscillateurs 1 tels que décrits ci-dessus agencés en tête-bêche et comprenant un balancier 3 commun. Ces deux sous-oscillateurs sont ainsi couplés au niveau du balancier 3, et l'ensemble peut alternativement être considéré comme un système d'oscillateurs.

[0073] En d'autres termes, cette variante comporte deux oscillateurs 1 comme illustrés dans les figures 1 à 11 montés selon des orientations inverses, leurs balanciers individuels 3 étant adjacents et rendus solidaires en rotation l'un de l'autre afin de former un balancier commun qui est lié à la fois à chaque organe d'attache 7 par l'intermédiaire d'un système élastique correspondant 5. Dans ce cas, les balanciers individuels associés à chaque système élastique 5 sont considérés comme des „sous-balanciers“, leur ensemble constituant le balancier 3 commun.

[0074] Dans la variante illustrée, chaque système élastique 5 est identique, et les langues 7a de chaque organe d'attache 7 s'étendent dans la même direction. Cependant, les deux systèmes élastiques 5 peuvent être différents, et les langues 7a peuvent s'étendre dans des directions différentes.

[0075] Afin de constituer ledit balancier commun 3, les deux balanciers individuels, voire sous-balanciers, sont rendus solidaires en rotation l'un de l'autre par l'intermédiaire d'une tige 3k qui s'étend substantiellement le long de l'axe géométrique de rotation 9, et est chassée, collée, soudée ou similaire à chaque sous-balancier. Cependant, des piliers ou similaire s'étendant entre les serges ou entre autres parties des balanciers sont également prévisibles. Par ailleurs, un seul balancier individuel est également possible en tant que balancier commun.

[0076] Cet agencement présente une raideur plus importante en translation, notamment le long de l'axe 9, ainsi qu'en torsion, notamment autour de tout axe n'étant pas l'axe de rotation 9. Le débattement du balancier 3 en cas de choc est ainsi réduit, quel que ce soit un choc translationnel ou rotationnel.

[0077] Bien que l'invention ait été décrite ci-dessus en lien avec des modes de réalisation spécifiques, des variantes supplémentaires sont également envisageables sans sortir de la portée de l'invention comme définie par les revendications.

[0078] Par exemple, il n'est pas obligatoire que chaque système élastique 5 soit planaire, des formes plus complexes étant également possibles. Les divers cadres 5a ne doivent pas non plus être absolument tous de forme identique.

## Revendications

1. Oscillateur mécanique (1) pour pièce d'horlogerie comprenant :
  - un balancier suspendu (3) agencé pour osciller autour d'un axe de rotation géométrique (9),
  - une pluralité de systèmes élastiques (5) agencés en série et reliant ledit balancier (9) à un organe d'attache (7) agencé pour fixer ledit oscillateur (1) à un élément structural (11) que comporte ladite pièce d'horlogerie ;
 caractérisé en ce que chaque système élastique (5) comporte un nombre pair d'au moins quatre cadres extérieurs (5a) et au moins deux éléments de liaison intérieurs (5c), chaque cadre (5a) portant deux éléments élastiques (5b) s'étendant chacun entre ledit cadre (5a) et l'un desdits éléments de liaison intérieurs (5c), en ce que chaque élément de liaison intérieur (5c) est relié aux deux éléments élastiques (5b) portés par l'un desdits cadres (5a), ainsi qu'à un élément élastique (5b) adjacent de chacun des cadres (5a) du même système élastique (5) se situant de part et d'autre dudit l'un cadre (5a) ; et en ce que chacun desdits systèmes élastiques (5) est fixé à chaque système élastique (5) y adjacent par l'intermédiaire de l'un sur deux de ses cadres (5a), cesdits cadres (5a) étant non adjacents l'un de l'autre.
2. Oscillateur (1) selon la revendication 1, dans lequel :
  - ledit balancier (3) est relié à l'un cadre (5a) sur deux du système élastique (5) y adjacent, cesdits cadres (5a) étant non adjacents l'un de l'autre ;
  - ledit organe d'attache (7) est relié à l'un cadre (5a) sur deux du système élastique (5) y adjacent, cesdits cadres (5a) étant non adjacents l'un de l'autre.
3. Oscillateur (1) selon la revendication 2, dans lequel ledit oscillateur comprend au moins trois desdits systèmes élastiques (5), chaque cadre (5a) appartenant à chaque système élastique (5) intermédiaire étant relié à un cadre (5a) de l'un ou l'autre des systèmes élastiques (5) y adjacents, un cadre (5a) sur deux du système élastique considéré étant reliés à un cadre (5a) sur deux d'un autre système élastique (5) se situant sur un premier côté du système élastique (5) considéré, les autres cadres (5a) que comportent ledit système élastique (5) considéré étant reliés à un cadre (5a) sur deux d'un autre système élastique (5) se situant sur le deuxième côté du système élastique (5) considéré, lesdits cadres (5a) du système élastique (5) considéré étant reliés par alternance à l'un ou l'autre desdits systèmes élastiques (5) adjacents.
4. Oscillateur (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque système élastique (5) est orienté par rapport au système élastique (5) y adjacent d'un angle de  $(360/N)^\circ$  autour dudit axe de rotation (9), N étant le nombre de cadres que comporte chaque système élastique (5).
5. Oscillateur (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque élément élastique (5b) comporte :
  - une barre médiane ;
  - une première lame flexible (5f) s'étendant entre une première extrémité de ladite barre et l'un desdits éléments de liaison intérieurs (5c), et
  - une deuxième lame flexible (5f) s'étendant entre une deuxième extrémité de ladite barre, opposée à ladite première extrémité, et l'un desdits cadres (5a).

## CH 715 438 A1

6. Oscillateur (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chacun desdits éléments de liaison intérieurs (5c) est relié exclusivement à des cadres (5a) du même système élastique par l'intermédiaire des éléments élastiques (5b) correspondants.
7. Oscillateur (1) selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre une tige (3k) s'étendant axialement depuis ledit balancier (3) en direction opposée auxdits systèmes élastiques (5), ladite tige (3k) étant agencée pour prendre place avec jeu dans une ouverture (19a) prévue dans un élément structurel (13) de ladite pièce d'horlogerie.
8. Oscillateur (1) selon la revendication 7, comprenant une vis (3p) vissée axialement dans l'extrémité de ladite tige (3k), la tête de ladite vis (3b) étant agencée pour entrer en contact avec une butée (19c) solidaire dudit élément structurel (13), et ce en cas de choc selon une direction axiale.
9. Oscillateur (1) selon la revendication 7, comprenant un circlip (3m) ou une rondelle solidaire en translation de ladite tige (3k) et agencé pour entrer en contact avec une butée (21a, 19) solidaire dudit élément structurel (13), et ce en cas de choc selon une direction axiale.
10. Oscillateur (1) selon la revendication 7, dans lequel ladite tige (3k) comporte une rainure circonférentielle (3n) agencée pour coopérer avec une butée (21a) solidaire dudit élément structurel (13), et ce en cas de choc selon une direction axiale.
11. Oscillateur (1) selon la revendication 10, dans lequel ladite rainure circonférentielle (3n) est constituée par un interstice formé entre deux bagues (3o, 3p) fixées sur ladite tige (3k).
12. Oscillateur (1) selon l'une des revendications précédentes, agencé de telle sorte que ledit balancier (3) effectue des oscillations ayant une amplitude d'au moins  $15^\circ$ , de préférence au moins  $30^\circ$ , de préférence au moins  $60^\circ$ , de préférence au moins  $90^\circ$ .
13. Oscillateur (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque système élastique 5 présente une symétrie en rotation de  $(720/N)^\circ$ , N étant le nombre de cadres que comporte chaque système élastique (5).
14. Oscillateur mécanique (1) comprenant deux oscillateurs (1) selon l'une des revendications 1 à 6 agencés en tête-bêche et comportant un balancier commun.
15. Oscillateur mécanique (1) selon la revendication 16, dans lequel ledit balancier commun se compose de deux sous-balanciers solidaires en rotation l'un de l'autre.
16. Oscillateur (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins certain desdits éléments élastiques (5b) est fait en silicium muni d'une couche d'oxyde de silicium sur au moins certaine de leurs surfaces.
17. Mouvement horloger comprenant un oscillateur (1) selon l'une des revendications précédentes.

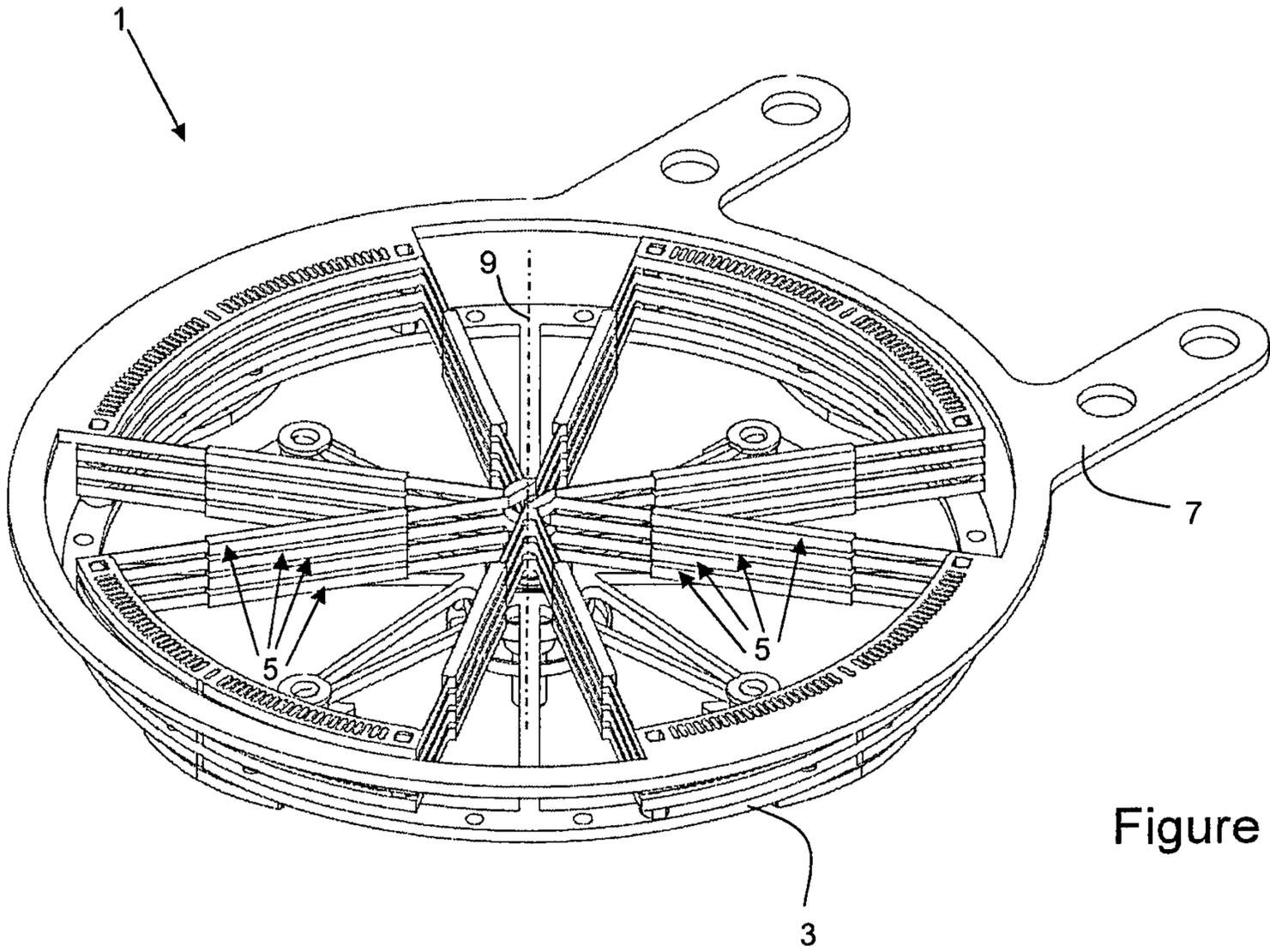


Figure 1

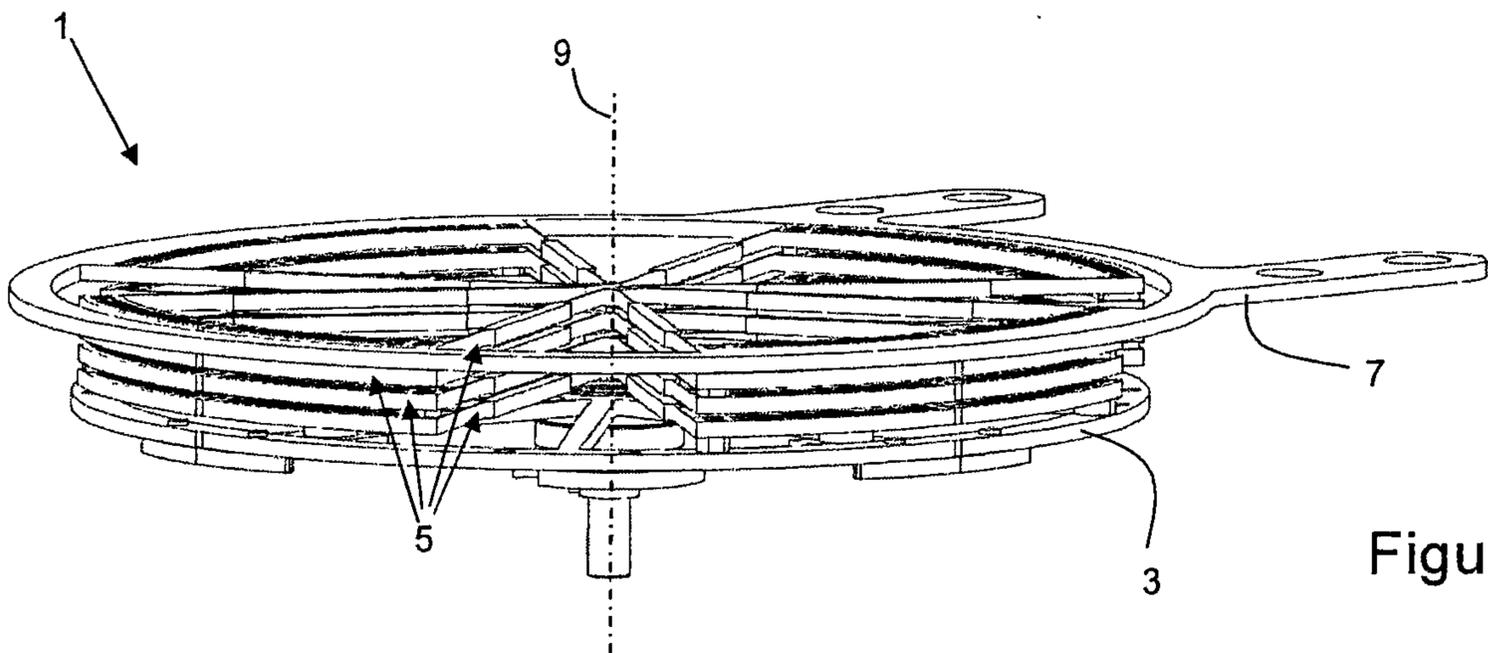


Figure 2

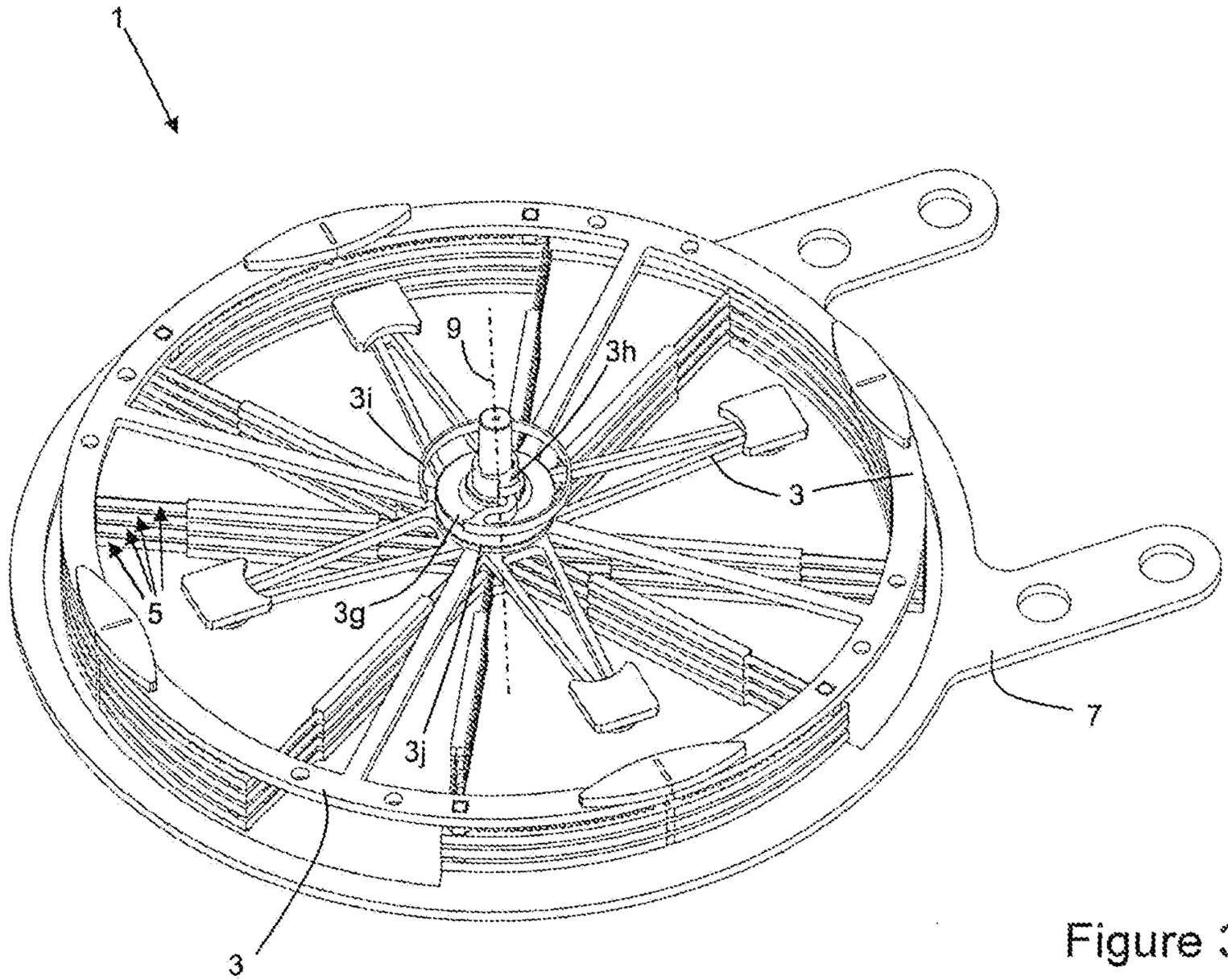


Figure 3

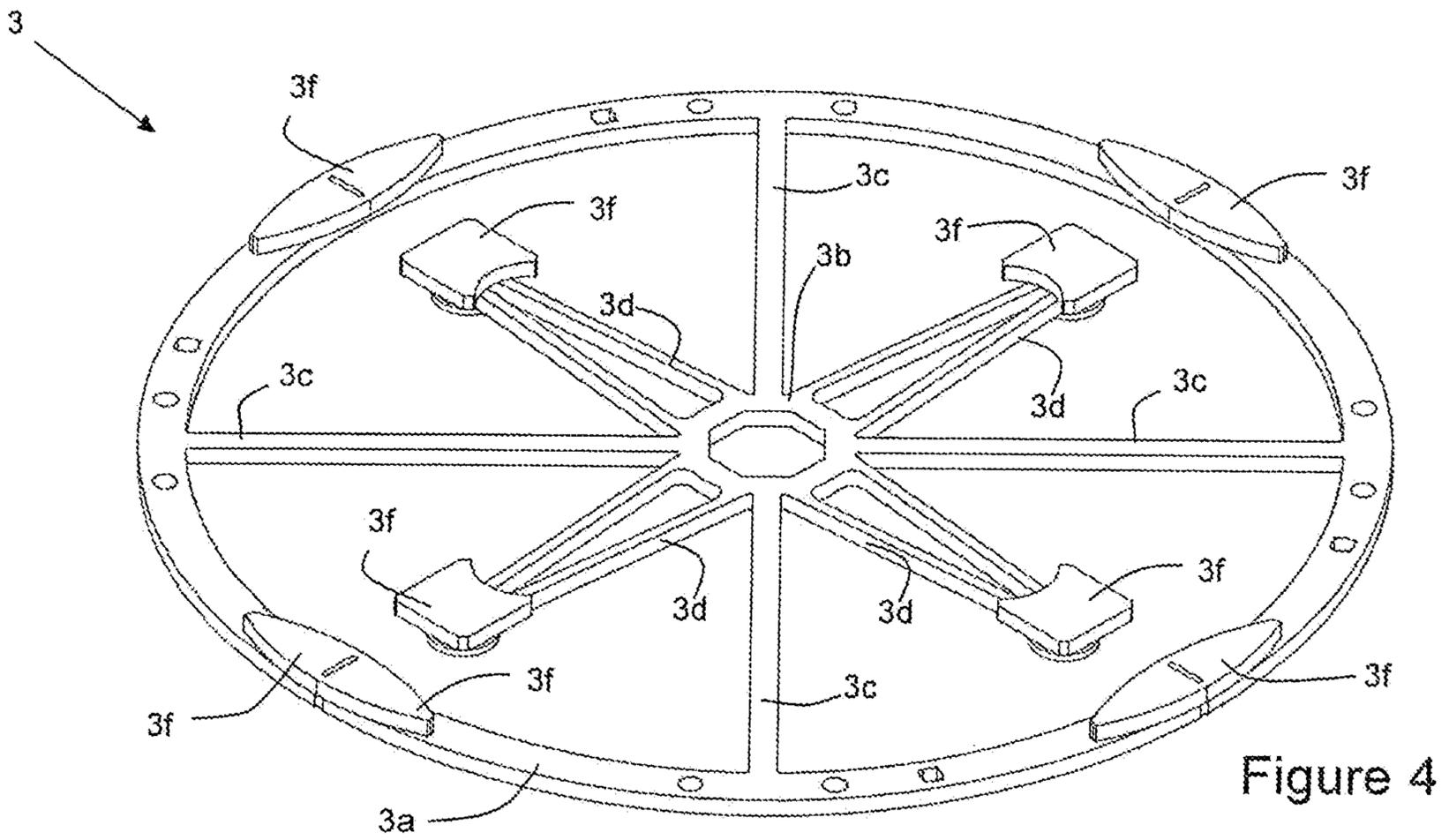


Figure 4

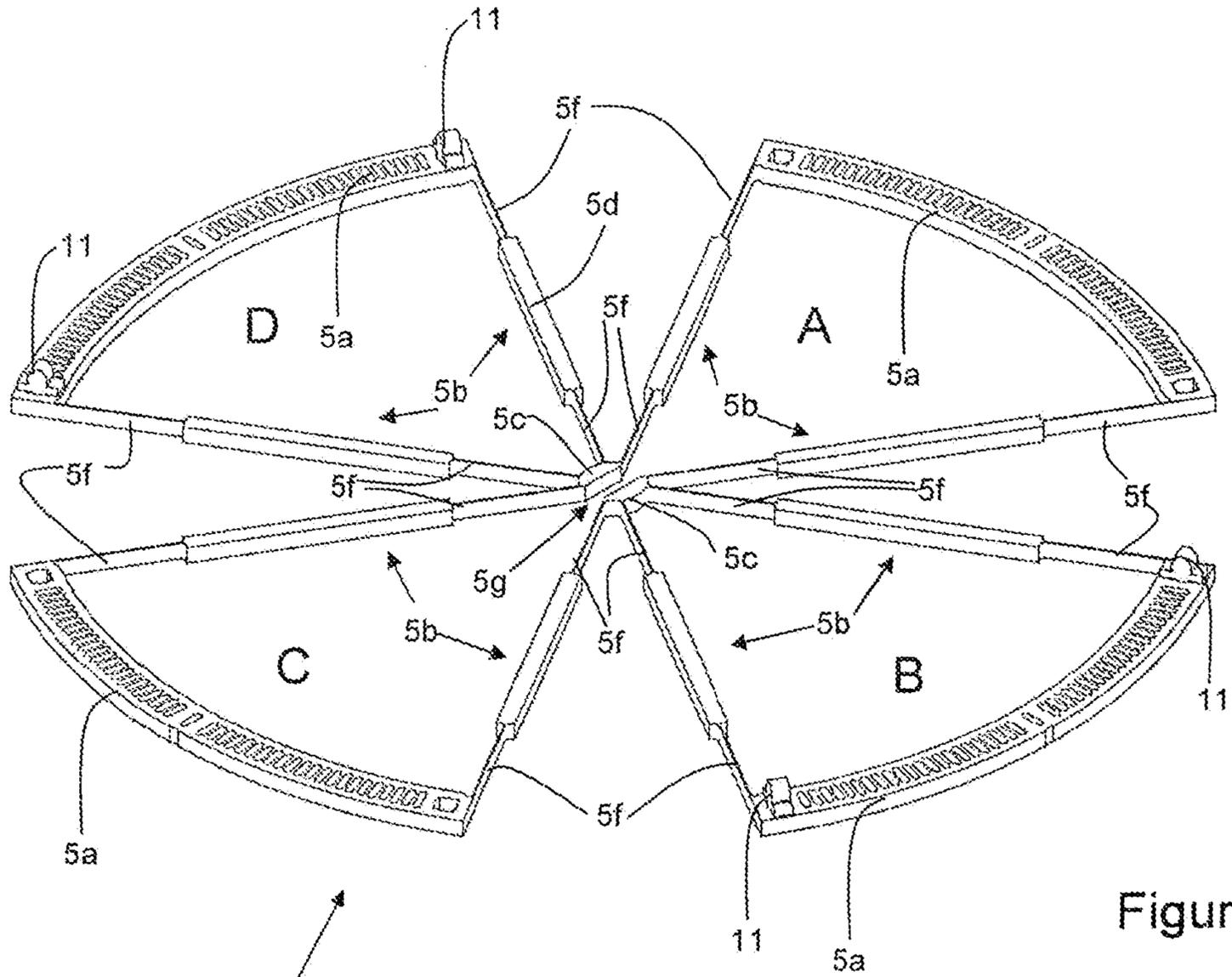


Figure 5

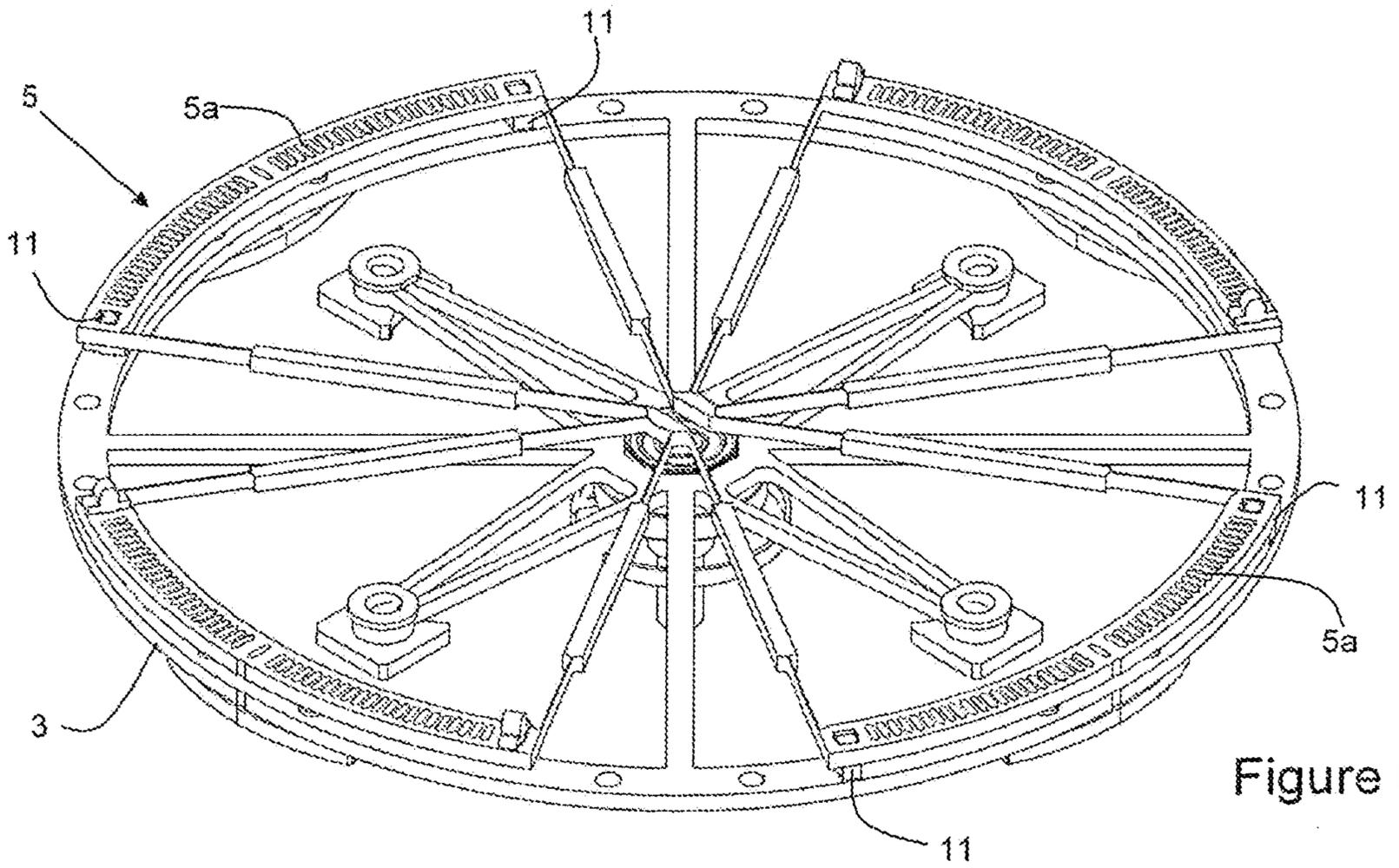


Figure 6

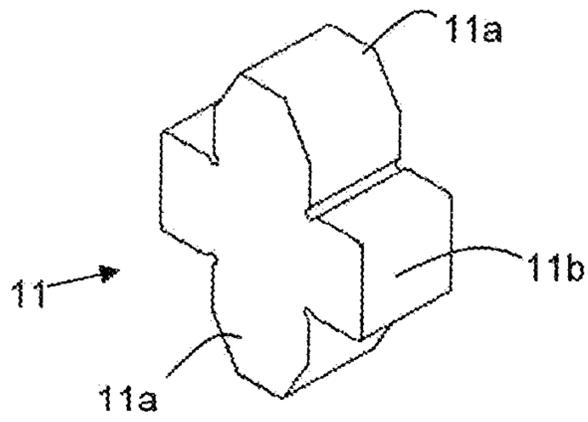


Figure 7

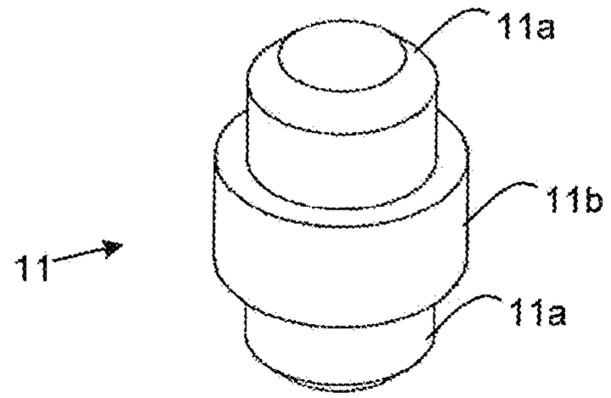


Figure 8

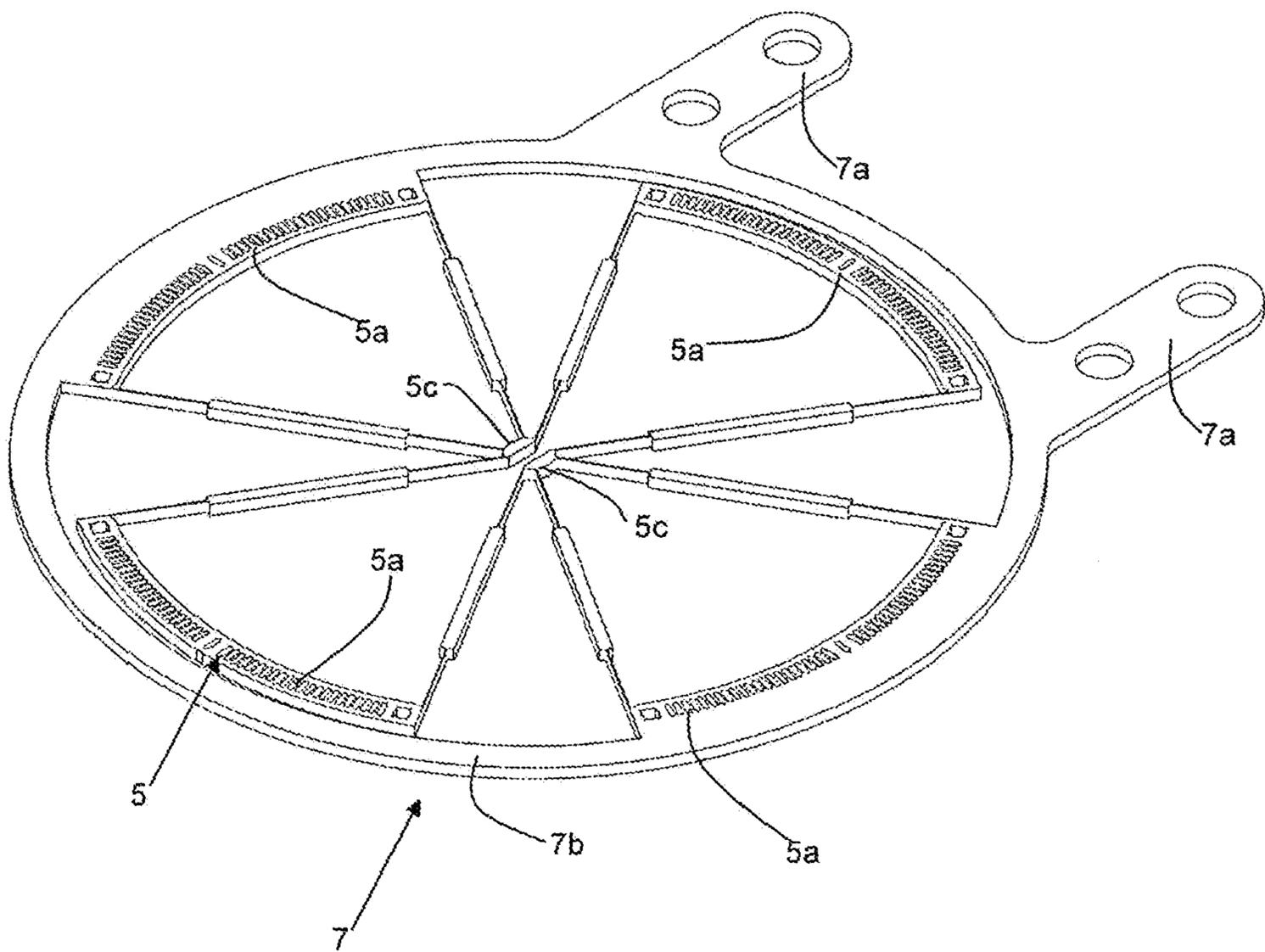


Figure 9

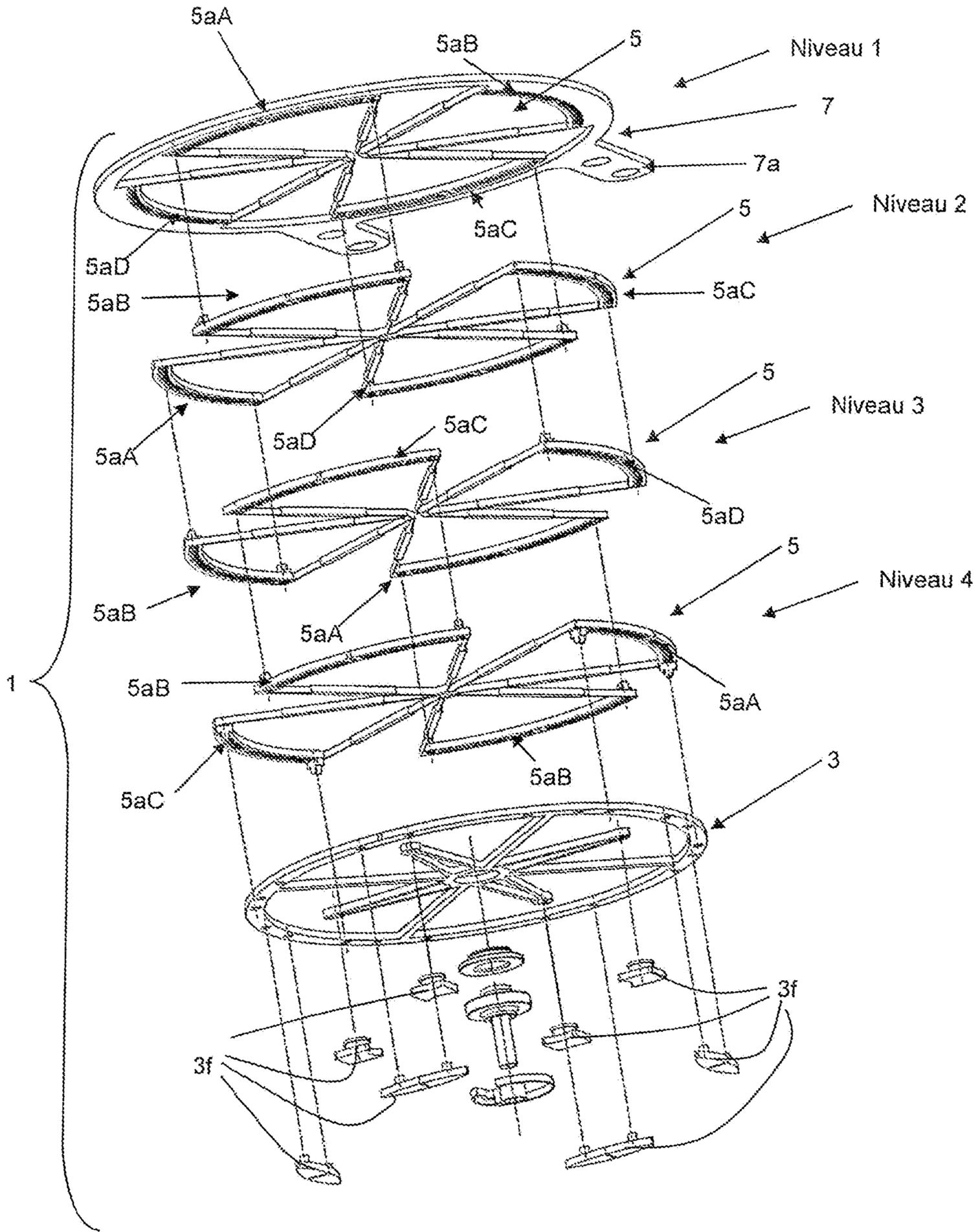


Figure 10

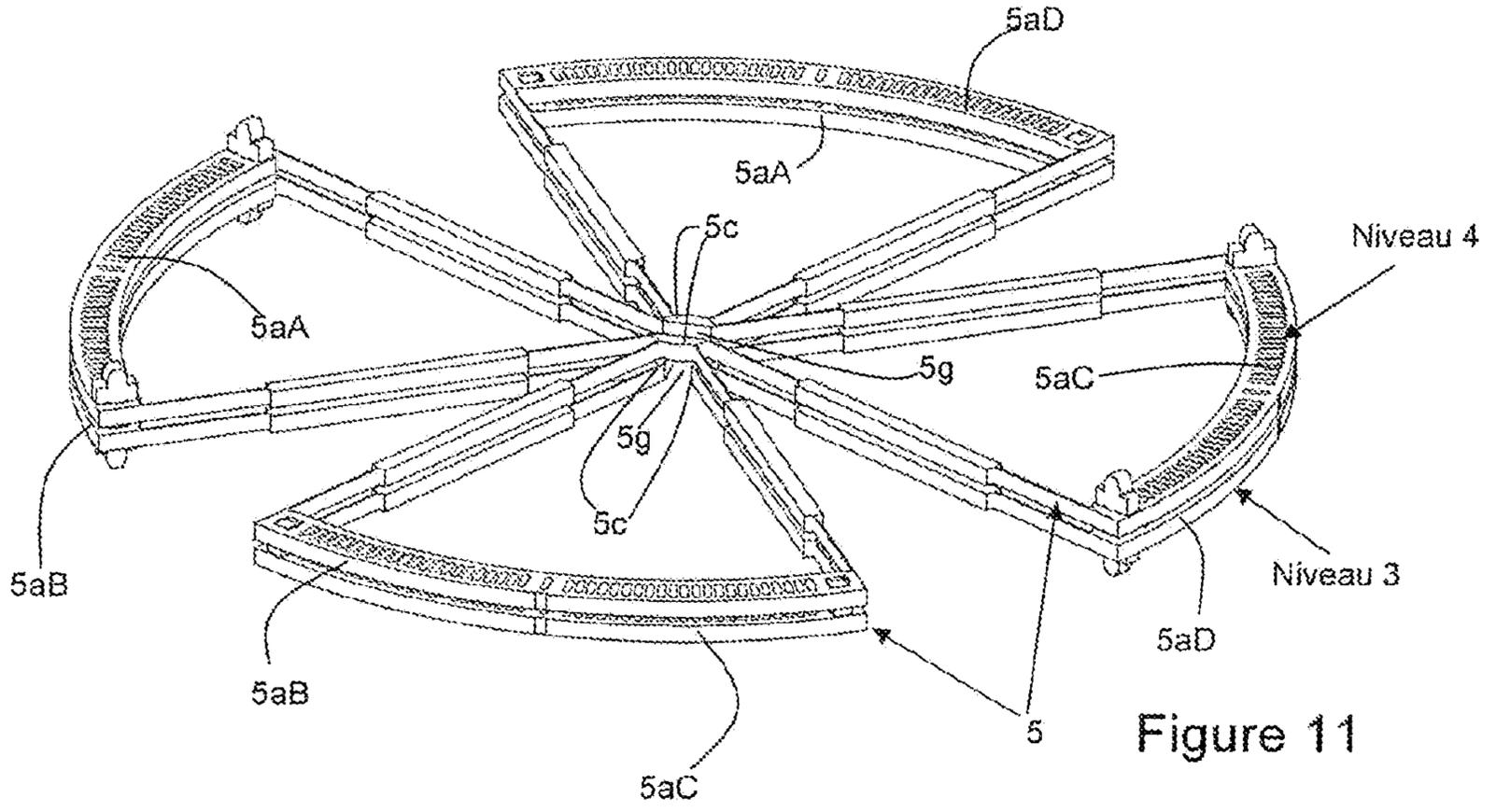


Figure 11

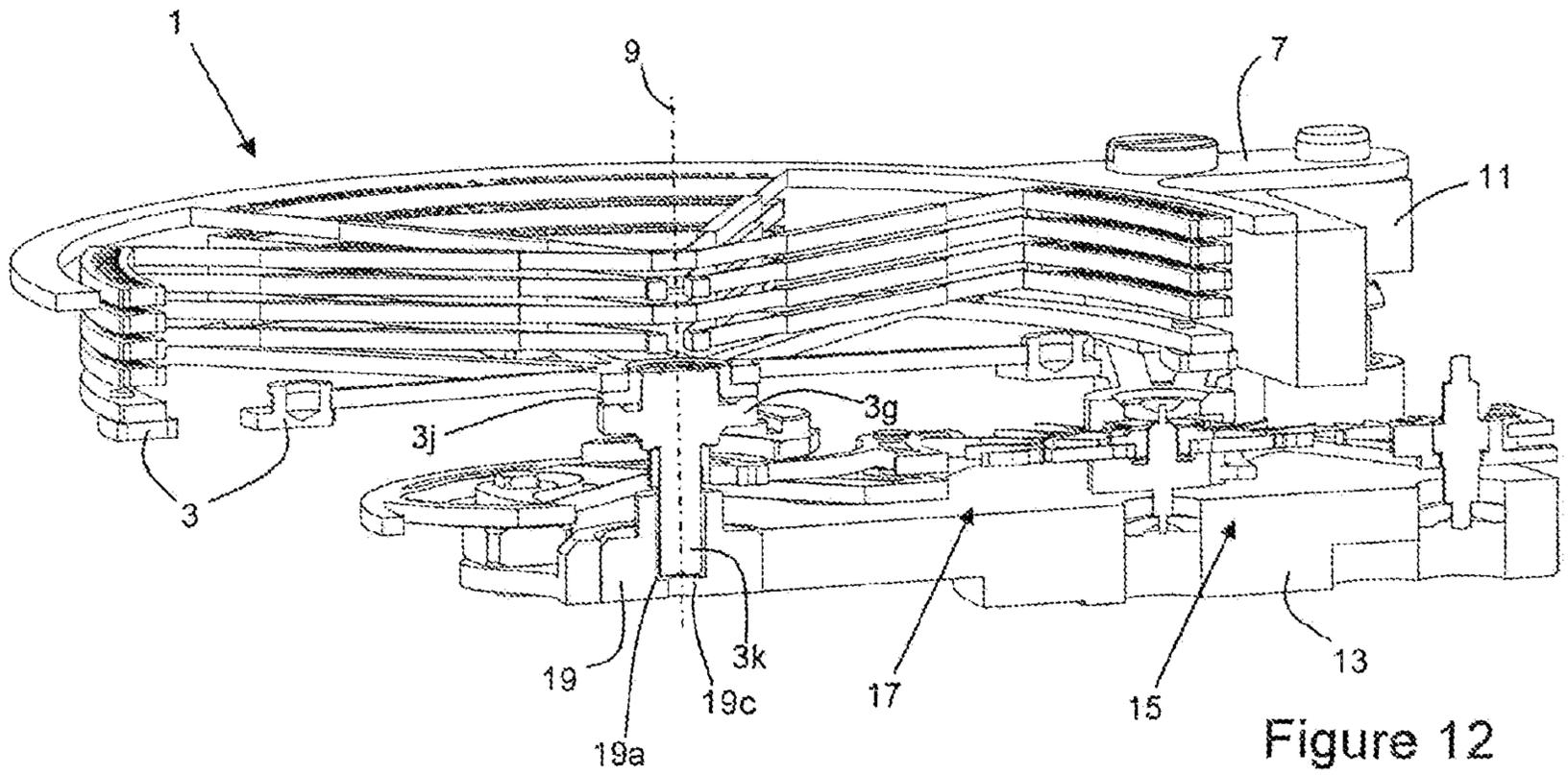


Figure 12

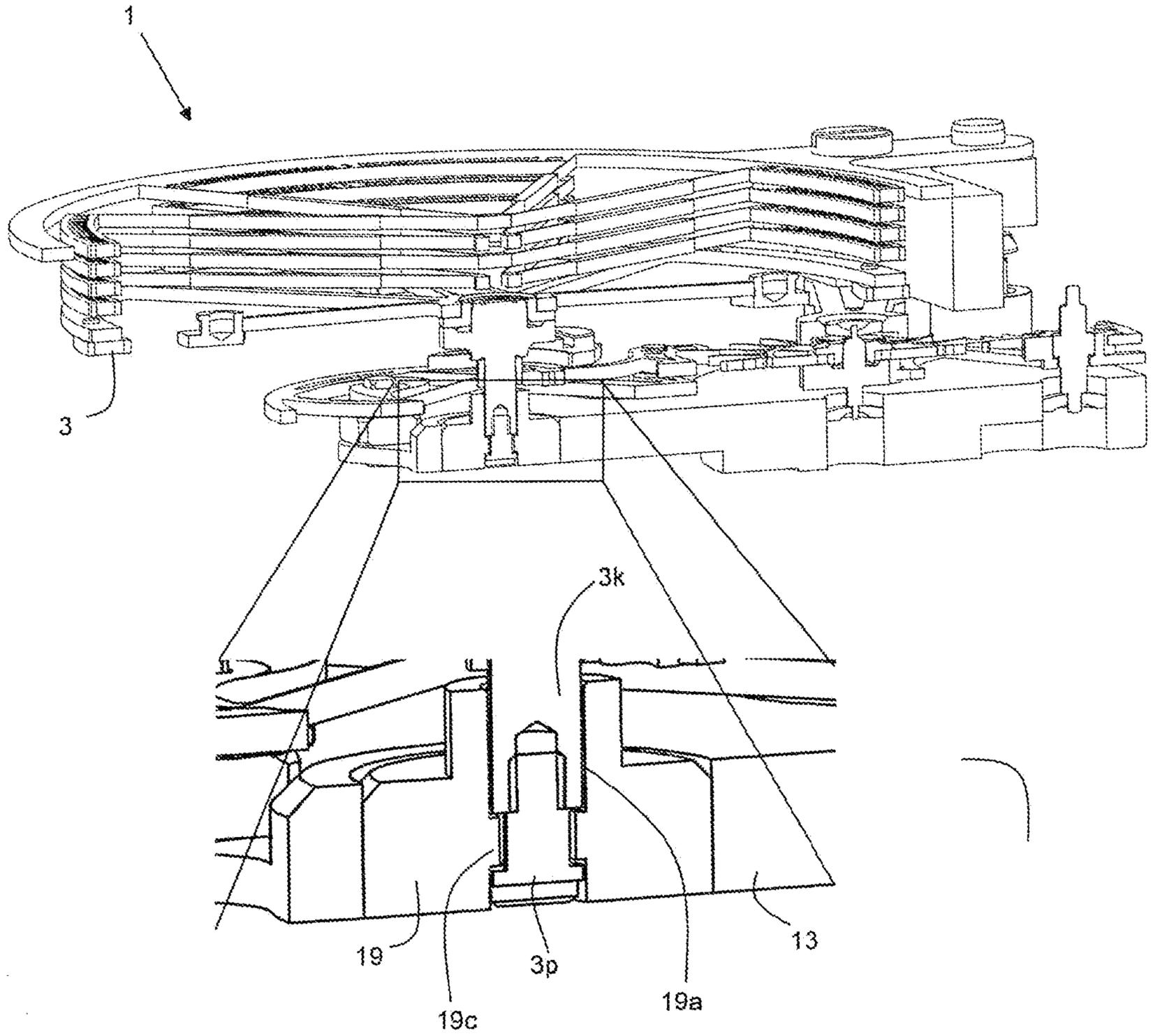


Figure 13

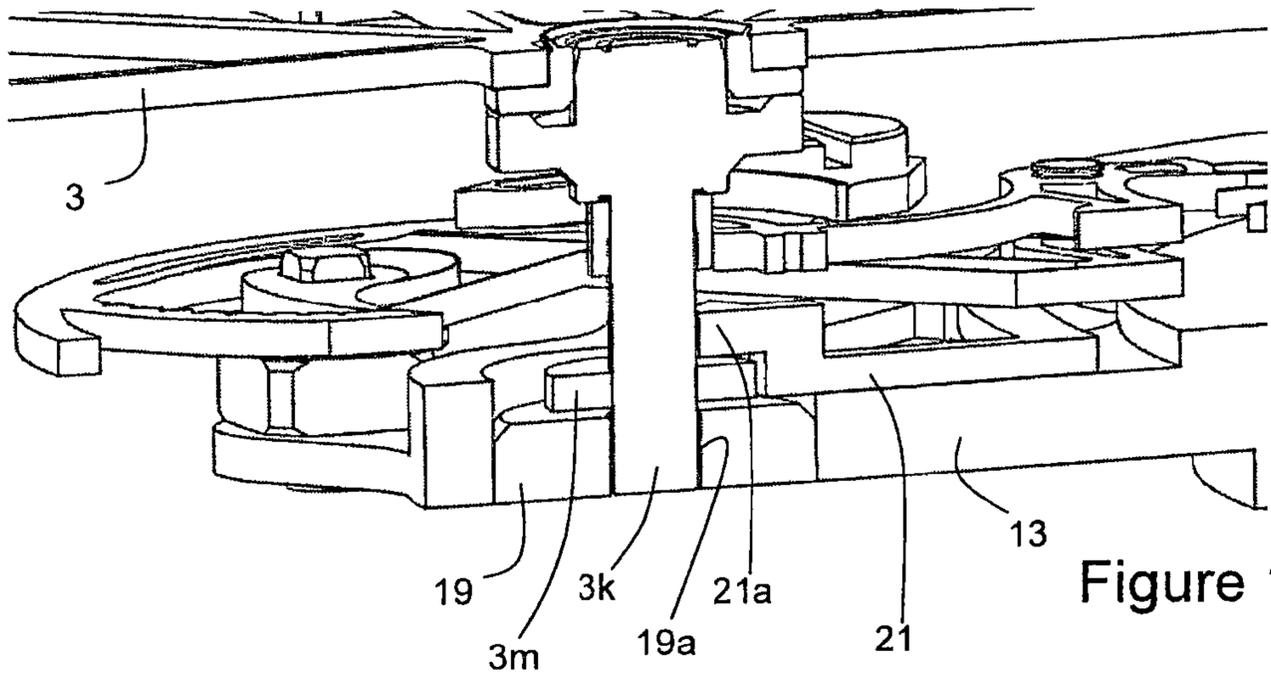


Figure 14

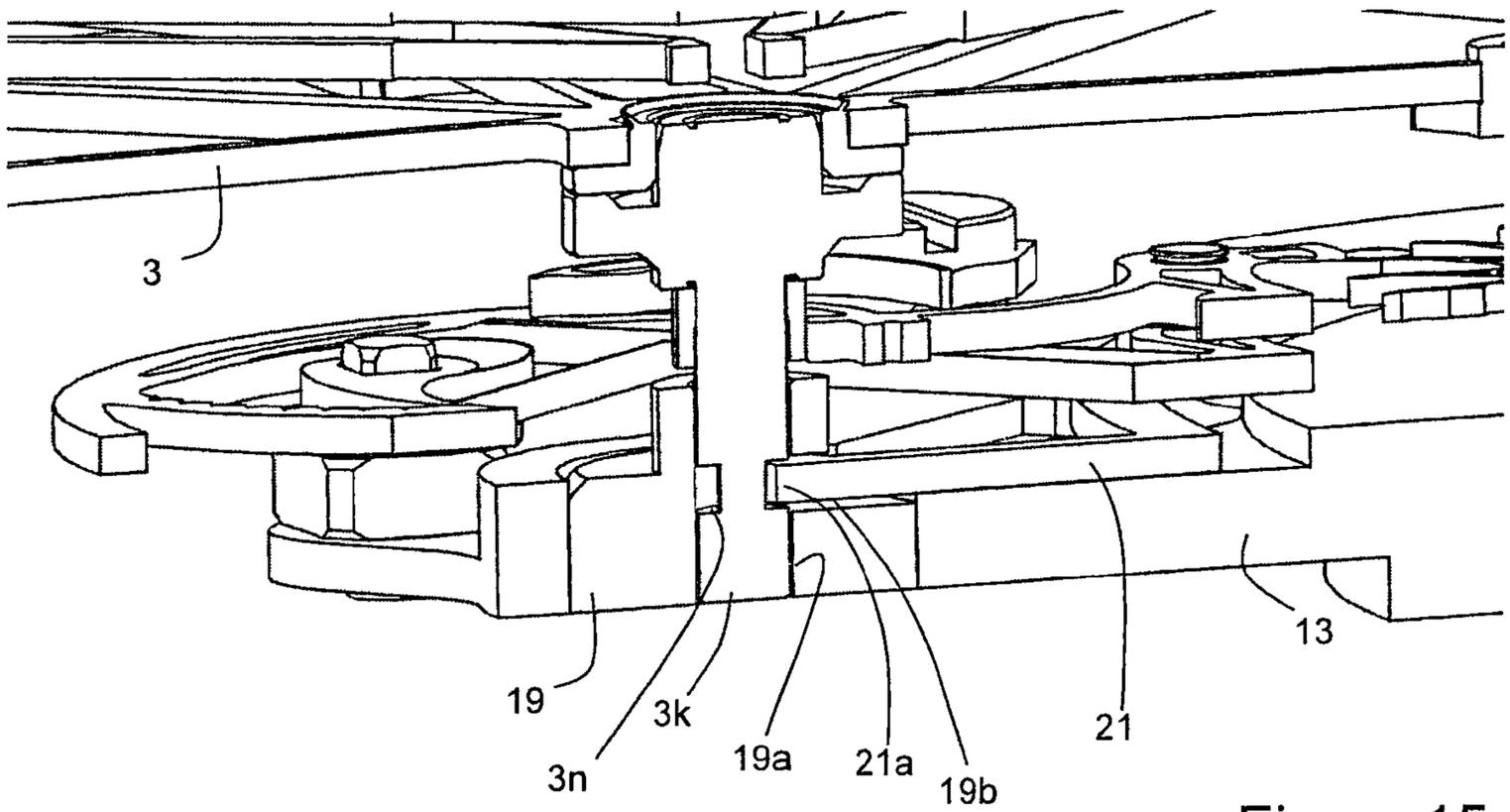


Figure 15

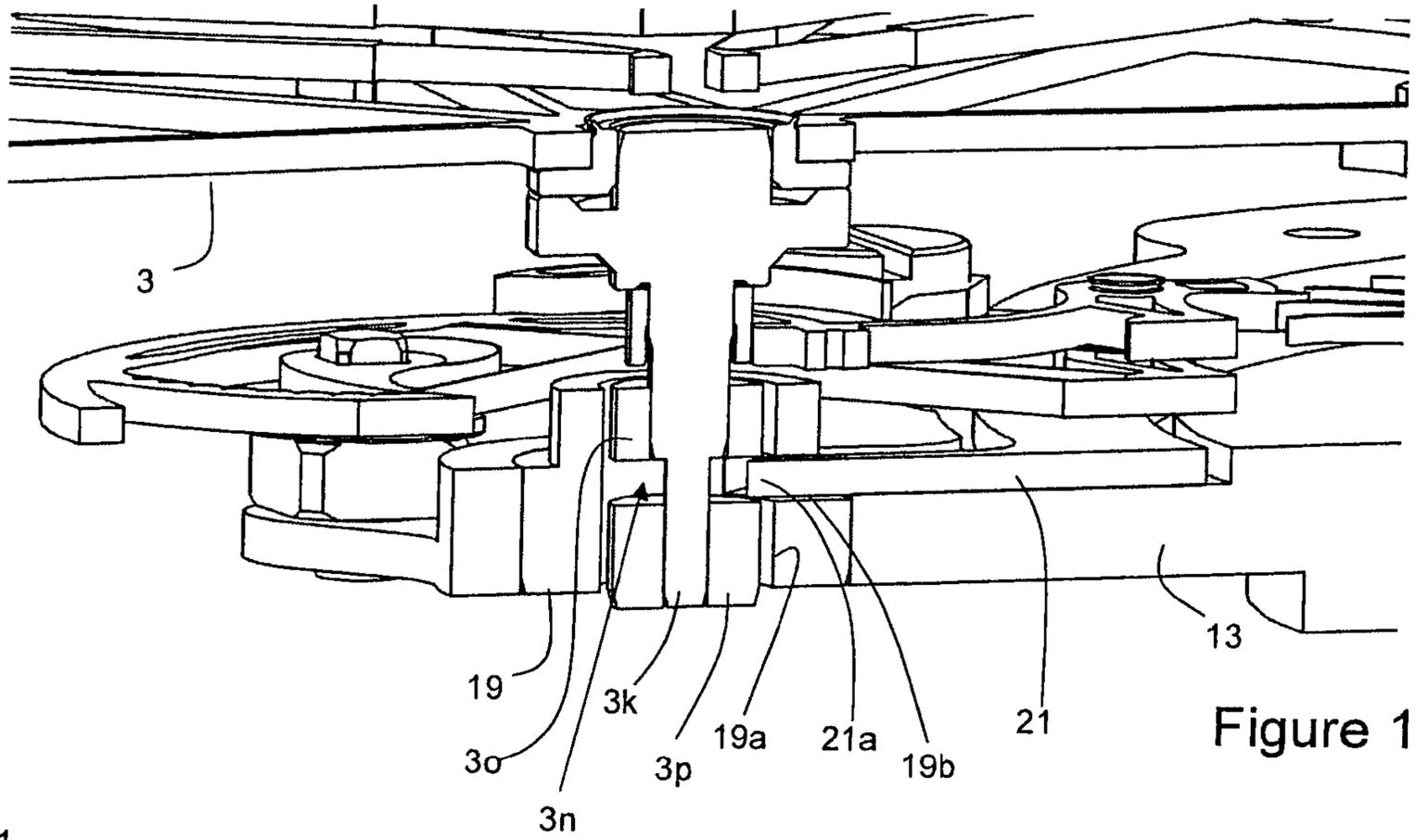


Figure 16

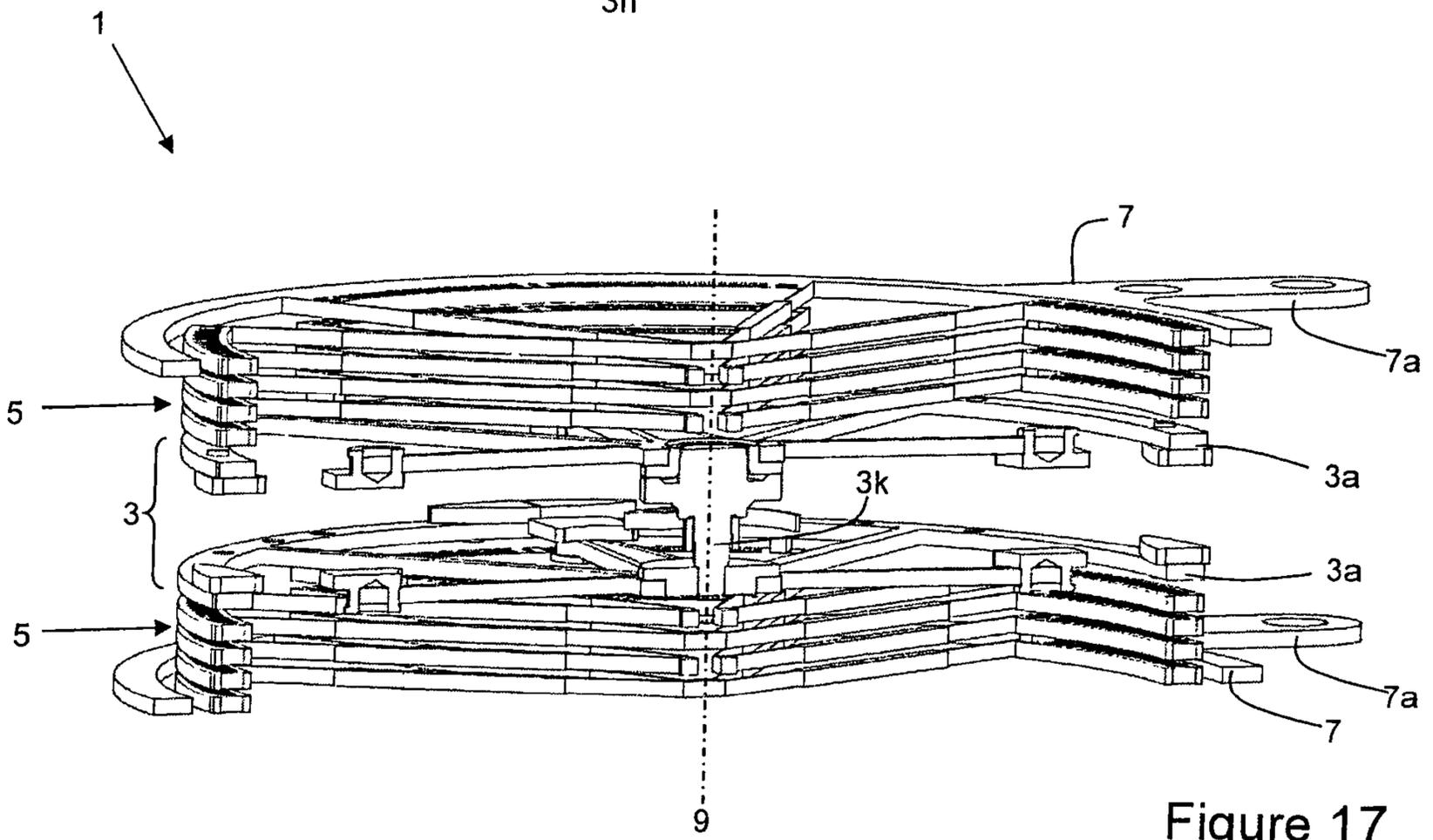


Figure 17

## 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	
		0505-UN-CH	
Demande nationale n°		Date du dépôt	
12282018		08-10-2018	
Pays du dépôt		Date de priorité revendiquée	
CH			
Déposant (Nom)			
Manufacture et fabrique de montres et chronomètres Ulysse Nardin Le Locle S.A.			
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	
28-11-2018		SN72490	
I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE <small>(en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)</small>			
<small>Selon la classification internationale des brevets (CIS) ou à la fois selon la classification nationale et la CIS</small>			
G04B17/04			
II. DOMAINES RECHERCHES			
Documentation minimale consultée			
Système de classification		Symboles de la classification	
IPC		G04B	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés			
III. <input type="checkbox"/> IL A ETE ESTIME QUE CERTAINES REVENDICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE <small>(Observations sur la feuille supplémentaire)</small>			
IV. <input type="checkbox"/> ABSENCE D'UNITE DE L'INVENTION <small>(Observations sur la feuille supplémentaire)</small>			

Form PCT/ISA 201 A (11/2000)

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

CH 12282018

<p>A. CLASSIFICATION DE L'OBJET DE LA DEMANDE                  INV. G04817/04                  ADD.</p> <p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p>																
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</p> <p>Documentation minimale consultée (système de classification ou/et des symboles de classement)                  G048</p> <p>Documentation consultée outre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p> <p>Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si nécessaire, formes de recherche utilisées)                  EPO-Internal, WPI Data</p>																
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie *</th> <th>Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents</th> <th>no. des revendications visées</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>EP 3 299 905 A1 (CSEM CENTRE SUISSE DELECTRONIQUE ET DE MICROTECHNIQUE SA RECH ET DEVEL) 28 mars 2018 (2018-03-28)                      * alinéas [0028] - [0036] *                      * figures 5, 6a, 6b *</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CH 710 789 A2 (NIVAROX-FAR S A [CH]) 31 août 2016 (2016-08-31)                      * alinéas [0026] - [0035] *                      * figures 7-10 *</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>EP 3 147 725 A1 (NIVAROX-FAR S A [CH]) 29 mars 2017 (2017-03-29)                      * figures 1-4 *                      * alinéas [0010], [0011] *                      * alinéas [0015] - [0019] *</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">-/--</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Catégorie *	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées	A	EP 3 299 905 A1 (CSEM CENTRE SUISSE DELECTRONIQUE ET DE MICROTECHNIQUE SA RECH ET DEVEL) 28 mars 2018 (2018-03-28) * alinéas [0028] - [0036] * * figures 5, 6a, 6b *	1-17	A	CH 710 789 A2 (NIVAROX-FAR S A [CH]) 31 août 2016 (2016-08-31) * alinéas [0026] - [0035] * * figures 7-10 *	1-17	A	EP 3 147 725 A1 (NIVAROX-FAR S A [CH]) 29 mars 2017 (2017-03-29) * figures 1-4 * * alinéas [0010], [0011] * * alinéas [0015] - [0019] *	1-17	-/--		
Catégorie *	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées														
A	EP 3 299 905 A1 (CSEM CENTRE SUISSE DELECTRONIQUE ET DE MICROTECHNIQUE SA RECH ET DEVEL) 28 mars 2018 (2018-03-28) * alinéas [0028] - [0036] * * figures 5, 6a, 6b *	1-17														
A	CH 710 789 A2 (NIVAROX-FAR S A [CH]) 31 août 2016 (2016-08-31) * alinéas [0026] - [0035] * * figures 7-10 *	1-17														
A	EP 3 147 725 A1 (NIVAROX-FAR S A [CH]) 29 mars 2017 (2017-03-29) * figures 1-4 * * alinéas [0010], [0011] * * alinéas [0015] - [0019] *	1-17														
-/--																
<p><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</p>																
<p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"B" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou être pertinent à la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (voir qu'indiquées)</p> <p>"O" document en référence à une divulgation orale, à un séminaire, à une exposition ou tout autre moyen</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> <p>"T" document ultérieurement publié après la date de dépôt ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est détaché à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne de métier</p> <p>"Z" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>																
<p>Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée</p> <p>5 mars 2019</p>																
<p>Date d'expiration du rapport de recherche de type international</p> <p>12-09-2019</p>																
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale</p> <p>Office Européen des Brevets, P.B. 6018 Patankon 2                  St. - 3260 147 Rijswijk                  Tel. (+31-70) 340-2046,                  Fax: (+31-70) 340-3018</p>																
<p>Fonctionnaire autorisé</p> <p>Pirozzi, Giuseppe</p>																

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No  
 CH 12282018

G (publ) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2016/011586 A1 (STRANCZL MARC [CH]) 14 janvier 2016 [2016-01-14] * figures 1a-4b * *****	1-17

404

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n°

CH 12282918

Document brevet cité ou rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3299985	A1	EP 3299985 A1	28-03-2018
		US 2018068529 A1	29-03-2018
CH 710759	A2	CH 710759 A2	31-08-2016
		CH 105911845 A	31-08-2016
		EP 3059641 A1	24-08-2016
		JP 6209230 B2	04-10-2017
		JP 2016153789 A	25-08-2016
		KR 20160102353 A	30-08-2016
		TW 201702769 A	16-01-2017
		US 2016246257 A1	25-08-2016
EP 3147725	A1	CH 106557000 A	05-04-2017
		EP 3147725 A1	29-03-2017
		JP 6243496 B2	06-12-2017
		JP 2017067770 A	06-04-2017
		KR 20170037823 A	05-04-2017
		TW 201723690 A	01-07-2017
		US 2017090422 A1	30-03-2017
US 2016011566	A1	CH 709881 A2	15-01-2016
		CH 105319940 A	10-02-2016
		EP 2875469 A1	20-01-2016
		JP 5982541 B2	31-08-2016
		JP 2016020906 A	04-02-2016
		US 2016011566 A1	14-01-2016