



CONFÉDÉRATION SUISSE  
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 715 889 B1

(51) Int. Cl.: G04B 17/04 (2006.01)

## Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

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

## (12) FASCICULE DU BREVET

(21) Numéro de la demande: 000190/2020

(22) Date de dépôt: 19.02.2020

(43) Demande publiée: 31.08.2020

(30) Priorité: 22.02.2019 FR 1901854

(24) Brevet délivré: 31.07.2024

(45) Fascicule du brevet publié: 31.07.2024

(73) Titulaire(s):  
LVMH Swiss Manufactures SA,  
Rue Louis-Joseph-Chevrolet 6a  
2300 La Chaux-de-Fonds (CH)

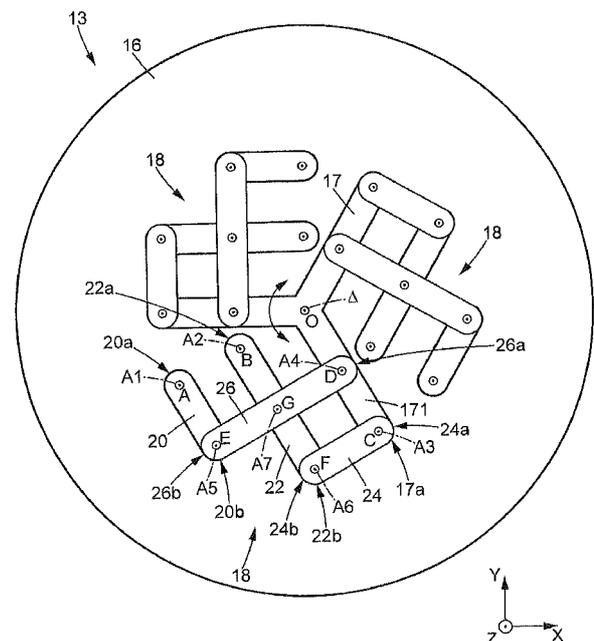
(72) Inventeur(s):  
Guy Semon, 90350 Evette-Salbert (FR)  
Thomas Mercier, 2300 La Chaux-de-Fonds (CH)

(74) Mandataire:  
Stolmár & Partner Intellectual Property S.à.r.l.,  
Bahnhofstrasse 106  
8001 Zürich (CH)

### (54) Oscillateur, par exemple à lames flexibles, pour mécanisme de pièce d'horlogerie.

(57) L'invention concerne un oscillateur (13) pour régulateur de mécanisme de pièce d'horlogerie, comprenant un bâti (16), un corps oscillant (17) autour d'un axe de rotation ( $\Delta$ ), et une pluralité d'ensembles de bielles pivotantes (18) reliant le corps oscillant (17) au bâti (16). Chaque bielle (20-26) s'étend parallèlement à un plan médian (XY) de l'oscillateur (13). Chaque ensemble de bielles pivotantes (18) comprend au moins quatre bielles (20, 22, 24, 26) formant deux parallélogrammes articulés et reliés en leur centre (G). La liaison entre les bielles (20-26), entre les bielles (20-26) et le corps oscillant (17) et entre les bielles (20-26) et le bâti (16) peut être réalisée au moyen d'une lame flexible.

L'invention concerne également un mécanisme comprenant un tel oscillateur et une ancre, un mouvement comprenant un tel mécanisme, une pièce d'horlogerie comprenant un tel mouvement et un procédé pour réaliser un tel oscillateur.



## Description

### Domaine technique

[0001] La présente invention se rapporte à un oscillateur pour régulateur de mécanisme de pièce d'horlogerie, à un mécanisme et à un mouvement pour pièce d'horlogerie comprenant un tel oscillateur et à une pièce d'horlogerie comprenant un tel mécanisme pour pièce d'horlogerie. Selon un autre aspect, l'invention se rapporte à un procédé de fabrication d'un oscillateur pour pièce d'horlogerie.

### Technique antérieure

[0002] On connaît des mécanismes pour pièce d'horlogerie comprenant :

- un régulateur ou oscillateur, comprenant au moins un premier organe réglant monté élastiquement sur un support pour osciller,
- une ancre adaptée pour coopérer avec un organe de distribution d'énergie pourvu de dents et destiné à être sollicité par un dispositif de stockage d'énergie, l'ancre étant commandée par le premier organe réglant pour régulièrement et alternativement bloquer et libérer l'organe de distribution d'énergie, de sorte que l'organe de distribution d'énergie se déplace pas à pas sous la sollicitation du dispositif de stockage d'énergie selon un cycle de mouvement répétitif. L'ancre est adaptée pour transférer de l'énergie mécanique au régulateur au cours de ce cycle de mouvement répétitif. L'organe oscillant du régulateur a généralement une forme de roue plane. Il est classiquement monté rotatif sur un arbre central.

[0003] L'invention vise à proposer un oscillateur présentant un design différent des designs existant, tout en étant équilibré en rotation.

### Résumé de la description

[0004] Il est proposé un oscillateur pour régulateur de mécanisme de pièce d'horlogerie, comprenant :

- un bâti ;
- un corps oscillant autour d'un axe de rotation ;
- une pluralité d'ensembles de bielles pivotantes, chaque bielle s'étendant parallèlement à un plan médian de l'oscillateur, chaque ensemble de bielles pivotantes comprenant au moins des première, deuxième, troisième et quatrième bielles telles que :
- au voisinage d'une première extrémité de la première bielle, la première bielle est montée pivotante par rapport au bâti autour d'un premier axe de rotation, le premier axe de rotation interceptant le plan médian de l'oscillateur en un point A ;
- au voisinage d'une première extrémité de la deuxième bielle, la deuxième bielle est montée pivotante par rapport au bâti autour d'un deuxième axe de rotation, le deuxième axe de rotation interceptant le plan médian de l'oscillateur en un point B ;
- au voisinage d'une première extrémité de la troisième bielle, la troisième bielle est montée pivotante par rapport au corps oscillant autour d'un troisième axe de rotation, le troisième axe de rotation interceptant le plan médian de l'oscillateur en un point C ;
- au voisinage d'une première extrémité de la quatrième bielle, la quatrième bielle (26) est montée pivotante par rapport au corps oscillant autour d'un quatrième axe, le quatrième axe de rotation interceptant le plan médian de l'oscillateur en un point D ;
- au voisinage d'une deuxième extrémité de la première bielle et d'une deuxième extrémité de la quatrième bielle, les première et quatrième bielles sont montées pivotantes l'une par rapport à l'autre autour d'un cinquième axe de rotation, le cinquième axe de rotation interceptant le plan médian de l'oscillateur en un point E ;
- au voisinage d'une deuxième extrémité de la deuxième bielle et d'une deuxième extrémité de la troisième bielle, les deuxième et troisième bielles sont montées pivotantes l'une par rapport à l'autre autour d'un sixième axe de rotation, le sixième axe de rotation interceptant le plan médian de l'oscillateur en un point F ;
- les deuxième et quatrième bielles sont montées pivotantes l'une par rapport à l'autre, autour d'un septième axe de rotation, le septième axe de rotation interceptant le plan médian de l'oscillateur en un point G ;

## CH 715 889 B1

- chacun des premier, deuxième, troisième, quatrième, cinquième, sixième et septième axes de rotation étant sensiblement normal au plan médian de l'oscillateur ;
- les quadrilatères ABGE et GDCF sont des parallélogrammes ;
- les droites (AB) et (CD) sont concourantes en un point O commun à tous les ensembles de bielles pivotantes, ledit point commun O correspondant à l'intersection de l'axe de rotation de l'organe oscillant avec le plan médian de l'oscillateur.

**[0005]** Ainsi, avantageusement, l'organe oscillant a sensiblement un mouvement de rotation pure. Cependant, de par sa structure, l'oscillateur est particulièrement robuste. Un nombre d'ensembles de bielles supérieur ou égal à deux, de préférence supérieur ou égal à trois, permet d'accroître encore la robustesse de l'oscillateur.

**[0006]** L'oscillateur peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises seules ou en combinaison :

- l'oscillateur comprend au moins trois ensembles de bielles pivotantes ;
- les ensembles de bielles pivotantes sont équirépartis angulairement autour de l'axe de rotation du corps oscillant ;
- les ensembles de bielles pivotantes sont identiques ;
- la distance OD est sensiblement égale à la distance DC ;
- la distance AE est sensiblement égale à la distance GF ;
- les points B, G et F sont alignés ;
- les points E, G, D sont alignés ;
- chaque liaison entre les bielles, entre les bielles et l'organe oscillant et entre les bielles et le bâti est réalisée au moyen d'une lame flexible, chaque lame flexible s'étendant principalement dans un plan normal au plan médian de l'oscillateur ;
- l'oscillateur est réalisé au moins en partie par un procédé de superposition de couches planes et déploiement ; et
- l'oscillateur est conçu pour osciller à une fréquence supérieure ou égale à 4 Hz, de préférence supérieure ou égale à 5 Hz, et/ou inférieure ou égale à 50 Hz, de préférence inférieure ou égale à 15 Hz.

**[0007]** Selon un autre aspect, il est proposé un mécanisme pour pièce d'horlogerie comprenant :

- un oscillateur tel que décrit ci-avant dans toutes ses combinaisons,
- une ancre adaptée pour coopérer avec un organe de distribution d'énergie et destiné à être sollicité par un dispositif de stockage d'énergie, ladite ancre étant commandée par l'oscillateur pour régulièrement et alternativement bloquer et libérer l'organe de distribution d'énergie, de sorte que ledit organe de distribution d'énergie se déplace pas à pas sous la sollicitation du dispositif de stockage d'énergie selon un cycle de mouvement répétitif, et ladite ancre étant adaptée pour transférer de l'énergie mécanique à l'oscillateur au cours de ce cycle de mouvement répétitif.

**[0008]** L'oscillateur peut comporter en outre :

- un deuxième organe oscillant monté élastiquement sur le bâti pour osciller, les premier et deuxième organes oscillant étant reliés entre eux pour avoir toujours des mouvements symétriques et opposés, et
- un organe d'équilibrage qui est commandé par le deuxième organe oscillant pour se déplacer selon des mouvements symétriques et opposés à l'ancre.

**[0009]** Il est encore décrit un mouvement horloger comprenant un mécanisme tel que décrit ci-avant dans toutes ses combinaisons et ledit organe de distribution d'énergie.

**[0010]** Il est encore décrit une pièce d'horlogerie comprenant un mouvement horloger tel que décrit ci-avant dans toutes ses combinaisons.

[0011] Il est enfin décrit un procédé pour réaliser un oscillateur tel que décrit ci-avant dans toutes ses combinaisons, comprenant :

- la réalisation de lames en matériau flexible ;
- la superposition de couches formant les bielles et/ou le corps oscillant et/ou le bâti, en matériau(x) rigide(s) ; et
- la fixation des lames flexibles aux bielles, au corps oscillant et au bâti, le cas échéant.

[0012] Les lames flexibles peuvent être réalisées par superposition de couches dont au moins une est flexible par rapport aux autres, et par déploiement des lames flexibles de manière que chacune de celles-ci s'étende principalement selon un plan perpendiculaire au plan des couches.

#### Brève description des dessins

[0013] D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, et à l'analyse des dessins annexés, sur lesquels :

- [Fig. 1] est une vue schématique d'une pièce d'horlogerie comprenant un mécanisme pour pièce d'horlogerie ;
- [Fig. 2] est un schéma bloc du mouvement de la pièce d'horlogerie de la Fig. 1 ;
- [Fig. 3] est une vue en plan d'un premier exemple d'oscillateur pouvant être mis en oeuvre dans le mouvement de la figure 2, dans une première position ;
- [Fig. 4] est une vue en plan de l'oscillateur de la Fig. 3, dans une deuxième position ;
- [Fig. 5] montre en perspective un deuxième exemple d'oscillateur pouvant être mis en oeuvre dans le mouvement de la figure 2 ;
- [Fig. 6] illustre une première étape de réalisation d'un oscillateur tel qu'illustré à la Fig. 5 ;
- [Fig. 7] illustre une deuxième étape de réalisation d'un oscillateur tel qu'illustré à la Fig. 5 ;
- [Fig. 8] illustre une troisième étape de réalisation d'un oscillateur tel qu'illustré à la Fig. 5 ;

#### Description détaillée

[0014] Sur les différentes figures, les mêmes références désignent des éléments identiques ou similaires.

[0015] La figure 1 représente une pièce d'horlogerie 1 telle qu'une montre, comprenant :

- un boîtier 2,
- un mouvement horloger 3 contenu dans le boîtier 2,
- généralement, un remontoir 4,
- un cadran 5,
- un verre 6 recouvrant le cadran 5,
- un indicateur de temps 7, comprenant par exemple deux aiguilles 7a, 7b respectivement pour les heures et les minutes, disposé entre le verre 6 et le cadran 5 et actionné par le mouvement horloger 3.

[0016] Comme représenté schématiquement sur la figure 2, le mouvement horloger 3 peut comprendre par exemple :

- un dispositif 8 de stockage d'énergie mécanique, généralement un ressort de barillet,
- une transmission mécanique 9 mue par le dispositif 8 de stockage d'énergie mécanique,
- l'indicateur de temps 7 susmentionné,
- un organe de distribution d'énergie 10 (par exemple une roue d'échappement),
- une ancre 11 adaptée pour séquentiellement retenir et libérer l'organe de distribution d'énergie 10,

- un régulateur 12, qui est un mécanisme comportant un organe réglant inertiel oscillant (ou oscillateur) 13, contrôlant l'ancre 11 pour la déplacer régulièrement de façon que l'organe de distribution d'énergie 10 soit déplacé pas à pas à intervalles de temps constants.

**[0017]** L'ancre 11 et le régulateur 12 forment un mécanisme 14. Le mécanisme 14 peut être avantageusement un système dont les pièces mobiles sont conçues pour se déplacer essentiellement dans un plan médian XY ou parallèlement à un plan médian XY du mécanisme.

**[0018]** Un organe de découplage 15 peut être interposé entre l'organe de découplage et le régulateur, qui fait alors partie du mécanisme 14.

**[0019]** L'organe de distribution d'énergie 10 peut être une roue d'échappement montée rotative par exemple sur une platine de support, de façon à pouvoir tourner autour d'un axe de rotation perpendiculaire au plan médian XY du mécanisme 14. L'organe de distribution d'énergie 10 est sollicité par le dispositif de stockage d'énergie 8 dans un unique sens de rotation.

**[0020]** Le régulateur 12 peut comporter un oscillateur 13 tel qu'illustré à la figure 3.

**[0021]** Sur cette figure 3, l'oscillateur 13 comprend tout d'abord un bâti 16 fixe par rapport au boîtier 2. En l'espèce, le bâti 16 est formé par une plaque sensiblement plane s'étendant selon les directions X et Y. La plaque est ainsi parallèle au plan médian XY de l'oscillateur 13.

**[0022]** L'oscillateur 13 comprend encore un corps oscillant 17, qui oscille par rapport au bâti 16, autour d'un axe de rotation  $\Delta$  sensiblement parallèle à la direction Z normale au plan XY. L'axe de rotation  $\Delta$  du corps oscillant intercepte le plan médian XY de l'oscillateur 13 en un point O, correspondant sensiblement au centre du corps oscillant 17. Le corps oscillant 17 présente ici la forme d'une étoile à trois branches. Bien entendu, cette forme du corps oscillant est indiquée uniquement comme exemple et ce corps oscillant 17 peut prendre de nombreuses autres formes accessibles à l'homme de l'art. Avantageusement, cependant, le corps oscillant 17 présente une symétrie de révolution d'ordre N avec  $N \geq 1$ . Ici, le corps oscillant 17 présente une symétrie de révolution d'ordre 3, à titre d'exemple.

**[0023]** L'oscillateur 13 comprend encore une pluralité d'ensembles 18 de bielles, chacune des bielles s'étendant dans un plan parallèle au plan du bâti 16. Ainsi, l'oscillateur 13 s'étend selon le plan médian XY de l'oscillateur 13, parallèle dans l'exemple illustré, au plan du bâti 16. Avantageusement, l'oscillateur 13 comprend un nombre N d'ensembles de bielles 18 égal à l'ordre de la symétrie de révolution du corps oscillant 17.

**[0024]** Par „bielle“ (ou „poutrelle“), on entend ici tout corps rigide présentant au moins deux articulations par rapport à d'autres pièces, lesquelles peuvent notamment être le bâti 16, le corps oscillant 17 ou une autre bielle d'un même ensemble de bielles 18. Dans le cas présent, ces articulations peuvent notamment être situées au voisinage des extrémités d'une bielle, la bielle pouvant s'étendre principalement selon une direction d'extension rectiligne. Les articulations sont ici des pivots, permettant une rotation de la bielle considérée par rapport au bâti 16, au corps oscillant 17 ou à une autre bielle auquel/à laquelle l'articulation relie la bielle considérée, dans un plan d'extension de la bielle considérée, autour d'un axe sensiblement normal au plan d'extension de la bielle.

**[0025]** Chaque ensemble de bielles 18 comprend en l'espèce quatre bielles 20, 22, 24, 26 rigides qui sont montées pivotantes par rapport au bâti 16 et/ou à d'autres bielles 20, 22, 24, 26 d'un même ensemble de bielles 18 et/ou par rapport au corps oscillant 17, autour d'axes parallèles à la direction Z normale au plan médian XY de l'oscillateur 13.

**[0026]** Dans l'exemple illustré, les bielles 20, 22, 24, 26 sont sensiblement rectilignes. Cependant, les bielles 20, 22, 24, 26 peuvent prendre toute forme souhaitée, accessibles à l'homme de l'art. Dans la suite, on entend par „direction d'extension“ d'une bielle 20, 22, 24, 26, la direction définie, dans le plan de la bielle 20, 22, 24, 26 considérée, entre les deux axes de pivotement des deux articulations reliant la bielle considérée 20, 22, 24, 26 au bâti 16, au corps oscillant 17 ou à une autre bielle 20, 22, 24, 26.

**[0027]** Ici, une première bielle 20 est montée pivotante autour d'un premier axe de rotation A1 par rapport au bâti 16, au voisinage d'une première extrémité 20a de la première bielle 20. Le premier axe de rotation A1 intercepte le plan médian XY de l'oscillateur 13 en un point A.

**[0028]** Par ailleurs, une deuxième bielle 22 est montée pivotante par rapport au bâti 16, autour d'un axe A2, au voisinage d'une première extrémité 22a de la deuxième bielle 22. Le deuxième axe de rotation intercepte le plan médian XY de l'oscillateur en un point B. Dans l'exemple illustré, les première et deuxième bielles 20, 22 ont des directions d'extension qui sont colinéaires, dans un même plan parallèle au plan médian XY de l'oscillateur 13.

**[0029]** Une troisième bielle 24 est montée pivotante autour d'un troisième axe de rotation A3 par rapport au corps oscillant 17, au voisinage d'une première extrémité 24a de la troisième bielle 24 et au voisinage d'une extrémité 17a d'une des branches 171 du corps oscillant 17. Le troisième axe de rotation A3 intercepte le plan médian XY de l'oscillateur en un point C.

**[0030]** Une quatrième bielle 26 est montée pivotante autour d'un quatrième axe A4 par rapport au corps oscillant 17, au voisinage d'une première extrémité 26a de la quatrième bielle 26. Le quatrième axe de rotation A4 intercepte le plan médian XY de l'oscillateur 13 en un point D. Le point D se situe sur le segment [OC], en l'espèce sensiblement au milieu du

segment [OC]. Dans l'exemple illustré, les troisième et quatrième bielles 24, 26 s'étendent selon des directions colinéaires, dans un même plan parallèle au plan médian XY de l'oscillateur 13. Le plan des première et deuxième bielles 20, 22 est ainsi parallèle au plan des troisième et quatrième bielles 24, 26. Le corps oscillant 17 s'étend ici dans le même plan que les première et deuxième bielles 20, 22. Alternativement, cependant, le corps oscillant 17 peut s'étendre dans un plan parallèle au plan des première et deuxième bielles 20, 22, et au plan des troisième et quatrième bielles 24, 26.

**[0031]** Les première et quatrième bielles 20, 26 sont montées pivotantes l'une par rapport à l'autre, autour d'un cinquième axe de rotation A5, au voisinage d'une deuxième extrémité 20b de la première bielle 20 et d'une deuxième extrémité 26b de la quatrième bielle 26. Le cinquième axe de rotation A5 intercepte le plan médian de l'oscillateur 13 en un point E.

**[0032]** De manière analogue, les deuxième et troisième bielles 22, 24 sont montées pivotantes l'une par rapport à l'autre, autour d'un sixième axe de rotation A6, au voisinage d'une deuxième extrémité 22b de la deuxième bielle 22 et d'une deuxième extrémité 24b de la troisième bielle 24. Le sixième axe de rotation A6 intercepte le plan médian XY de l'oscillateur 13 en un point F.

**[0033]** Enfin, les deuxième et quatrième bielles 22, 26 sont montées pivotantes l'une par rapport à l'autre, autour d'un septième axe de rotation A7. Le septième axe de rotation A7 intercepte le plan médian XY de l'oscillateur 13 en un point G. Le point G est ici sur le segment [BF] et sur le segment [ED]. Par exemple, le point G peut être le milieu des segments [BF] et [ED].

**[0034]** Comme cela est particulièrement visible sur les figures 3 et 4, on définit ainsi dans chaque ensemble de bielles 18, deux parallélogrammes ABGE et GDCF avec un sommet G en commun, les sommets de ces parallélogrammes ABGE, GDCT correspondant aux intersections des axes de rotation correspondant aux liaisons pivots, dans le plan médian XY de l'oscillateur 13.

**[0035]** Il est à noter ici que le segment [BG] du premier parallélogramme ABGE et le segment [GF] du deuxième parallélogramme GDCF sont liés à une même bielle 22 rigide d'un même ensemble de bielles 18. De même, le segment [EG] du premier parallélogramme ABGE et le segment [GD] du deuxième parallélogramme GDCF sont liés à une même bielle 26 rigide d'un même ensemble de bielles 18. Ainsi, les oscillations et les déformations des parallélogrammes ABGE et GDCF sont liées.

**[0036]** Également, dans un même ensemble de bielles 18, la droite (AB) et la droite (CD) sont concourantes au centre O du corps oscillant 17. En fait, les droites (AB) de tous les ensembles de bielles 18 et les droites (CD) de tous les ensembles de bielles 18 sont concourantes au centre O du corps oscillant 17. On définit ainsi l'axe de rotation  $\Delta$  du corps oscillant 17 comme l'axe normal au plan médian XY de l'oscillateur 13, passant par le point O d'intersection des droites (AB) et (CD).

**[0037]** Ici, l'oscillateur 13 comprend trois tels ensembles de bielles 18, identiques. Les ensembles de bielles pivotantes sont équirépartis angulairement autour de l'axe de rotation du corps oscillant. Une telle répartition améliore encore la robustesse de l'oscillateur 13 vis-à-vis des chocs et accélérations auxquels il est soumis lorsque la pièce d'horlogerie est portée.

**[0038]** La figure 5 illustre un autre exemple d'oscillateur 13, dans lequel les liaisons entre les différentes pièces sont réalisées par des lames flexibles 28, sensiblement planes. Dans ce cas, chaque lame flexible 28 n'induit pas, a priori, une rotation pure entre les éléments qu'elle relie. Cependant, on considère dans ce cas que chaque lame flexible 28 provoque un mouvement moyen des éléments qu'elle relie, qui correspond à une rotation autour d'un axe de rotation défini comme l'intersection d'un plan médian, dans l'épaisseur, de la lame flexible considérée et d'un plan médian, dans la longueur, de la même lame flexible considérée. L'épaisseur de chaque lame flexible 28 étant réduite, l'axe de rotation qu'elle définit, correspond sensiblement à l'axe reliant le milieu des deux côtés longitudinaux d'une face principale de la lame flexible considérée. Par face principale, on entend ici une face dont la longueur correspond à la longueur de la lame flexible et dont la largeur correspond à la largeur de la lame flexible.

**[0039]** On note qu'ici, les bielles 20, 22, 24, 26 des ensembles de bielles 18 ne sont pas rectilignes. Au contraire, ici, la forme de ces bielles est choisie de manière à assurer une position relative des points A, B, C, D, E, F et G de manière à former deux parallélogrammes ABGE et GDCF semblables à ceux de la figure 1. Les points A, B, C, D, E, F et G ne sont pas portés par les bielles 20, 22, 24, 26 mais se trouvent à distance de ces bielles 20, 22, 24, 26. En effet, ces points correspondent respectivement à l'intersection de l'un des axes de rotation A1-A7 mentionnés ci-avant, et du plan médian XY de l'oscillateur 13 de la figure 5. Ici, chacun de ces axes de rotation A1-A7 correspond sensiblement à un axe s'étendant perpendiculairement au plan médian XY de l'oscillateur 13, dans un plan d'extension principal YZ d'une lame flexible 28 associée, plane, telles que les lames sont illustrées à la figure 5.

**[0040]** Les lames flexibles 28 permettent d'assurer un mouvement correspondant essentiellement à une rotation des pièces assemblées ensemble au moyen d'une telle lame flexible 28, autour d'un axe sensiblement normal au plan XY médian de l'oscillateur 13. Il est à noter ici que les lames flexibles 28 sont orientées de telle sorte qu'elles permettent à l'oscillateur 13, en particulier au corps oscillant 17, d'osciller dans un plan s'étendant sensiblement selon les directions X et Y.

**[0041]** Pour ce faire, chaque lame flexible 28, ou „flexure“ présente avantageusement un rapport d'aspect le plus grand possible, notamment quand la largeur de la lame s'étend selon un plan sensiblement perpendiculaire au plan médian XY de l'oscillateur. Dans ce cas, en effet, un grand rapport d'aspect permet de limiter les oscillations de la lame flexible hors

plan XY. On rappelle que le rapport d'aspect est défini comme le rapport entre la largeur et l'épaisseur de la lame. La largeur est la deuxième plus grande dimension de la lame, derrière sa longueur. L'épaisseur de la lame est la plus petite dimension de la lame. Avantagement, chaque lame flexible 28 a un rapport d'aspect supérieur à 10, de préférence supérieur à 25. En outre, à largeur constante, l'accroissement du rapport d'aspect induit une réduction de l'épaisseur de la lame flexible. Des lames flexibles 28 d'épaisseurs réduites sont également préférées car elles permettent une oscillation du corps oscillant 17 à une fréquence propre plus faible.

**[0042]** De préférence, toutes les lames flexibles 28 sont sensiblement identiques.

**[0043]** Chaque lame flexible 28 présente avantagement une épaisseur supérieure ou égale à 1  $\mu\text{m}$ , de préférence supérieure ou égale à 5  $\mu\text{m}$ , et/ou inférieure ou égale à 30  $\mu\text{m}$ , de préférence inférieure ou égale à 20  $\mu\text{m}$ , de préférence inférieure ou égale à 15  $\mu\text{m}$ .

**[0044]** Chaque lame flexible 28 peut encore présenter une largeur supérieure ou égale à 0,1 mm et/ou inférieure ou égale à 2 mm, de préférence inférieure ou égale à 1 mm.

**[0045]** Chaque lame flexible 28 peut aussi présenter par exemple une longueur inférieure à 5 mm, de préférence comprise entre 0,5 mm et 2 mm.

**[0046]** La figure 5 illustre un oscillateur 13 dans lequel les bielles 20-26 sont reliées par des lames flexibles 28 pour former les liaisons pivots entre elles, entre elles et le bâti 16 et entre elles et l'organe oscillant 17. L'oscillateur 13 de la figure 5 est sensiblement équivalent à l'oscillateur 13 des figures 3 et 4, qui présente trois ensembles de bielles 18 tels que :

- dans chaque ensemble de bielles 18, les axes de rotations, tels que définis précédemment, forment deux parallélogrammes ABGE et GDCF,
- le segment [BG] du premier parallélogramme ABGE et le segment [GF] du deuxième parallélogramme GDCF sont liés à une même bielle 22 rigide, et
- le segment [EG] du premier parallélogramme ABGE et le segment [GD] du deuxième parallélogramme GDCF sont liés à une même bielle 26 rigide. Ainsi, les oscillations et les déformations des parallélogrammes ABGE et GDCF sont liées.

**[0047]** Également, la droite (AB) et la droite (CD) sont concourantes au centre O du corps oscillant 17. Plus précisément, les droites (AB) de tous les ensembles de bielles 18 et les droites (CD) de tous les ensembles de bielles 18 sont concourantes au centre O du corps oscillant 17. On définit ainsi l'axe de rotation  $\Delta$  du corps oscillant 17 comme l'axe normal au plan médian XY de l'oscillateur 13 passant par le point O d'intersection des droites (AB) et (CD).

**[0048]** Comme indiqué précédemment, la forme des bielles 20, 22, 24, 26 importe peu tant que la position des différents axes de rotation A1-A7 permet de définir les deux quadrilatères ABGE et GDCF ayant chacun sensiblement la forme d'un parallélogramme, pour assurer les oscillations du corps oscillant 17 sensiblement selon un mouvement de rotation pure. Ce mouvement de rotation est très robuste. On assure ainsi la stabilité des oscillations du corps oscillant 17.

**[0049]** L'exemple de réalisation de la figure 5 est particulièrement intéressant du fait qu'il peut être réalisé en mettant en oeuvre une technique de fabrication du type „pop-up“, comme cela est illustré par les figures 6 à 8. Par procédé du type „pop-up“, on entend un procédé de fabrication de mécanisme comprenant:

- une superposition de couches (ou feuilles) de matériaux, le cas échéant prédécoupées ; et
- un déploiement de la structure multicouches ainsi obtenue, de préférence dans une direction normale au plan médian de la structure multicouche.

Un tel procédé permet en superposant des couches ou feuilles d'épaisseurs réduites, d'obtenir, après déploiement, des lames flexibles d'épaisseurs réduites dans un plan parallèle au plan médian XY de l'oscillateur 13, notamment par rapport à la longueur ou à la hauteur desdites lames flexibles 28.

**[0050]** La figure 6 illustre en particulier une première étape d'un tel procédé, durant laquelle on réalise les lames flexibles 28 et on les positionne de manière à pouvoir les assembler aisément ensuite avec les bielles 20, 22, 24, 26, le bâti 16 et le corps oscillant 17, en mettant en oeuvre un procédé de fabrication du type „pop-up“. Cette première étape peut être mise en oeuvre sensiblement comme il est décrit dans la demande internationale PCT/EP2018/060505.

**[0051]** Ainsi, la figure 6 représente un assemblage 50 de sept couches distinctes 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64 parmi lesquelles :

- une première couche 52 est en un premier matériau, de préférence rigide ;

- une deuxième couche 54 est une couche de colle ou de matériau adhésif pour assurer la fixation de la première couche 52 à une troisième couche 56 ;
- la troisième couche 56 en un matériau flexible. Le matériau flexible peut notamment être un film polymère, par exemple un polyimide. À titre d'exemple, le matériau flexible peut être du kapton®;
- une quatrième couche 58 est une couche de colle ou de matériau adhésif pour assurer la fixation de la troisième couche 56 à une cinquième couche 58 ;
- la cinquième couche 60 est dans un deuxième matériau, de préférence rigide, qui peut avantageusement être le même que le premier matériau ;
- une sixième couche 62 qui est une couche de colle ou de matériau adhésif pour assurer la fixation de la cinquième couche 58 à une septième couche 64 ;
- la septième couche 64 qui peut être en un matériau différent du premier et du deuxième matériau. Cette septième couche 64 peut alternativement ou au surplus être plus fine que les première et cinquième couches 52, 60, notamment dans le cas où toutes ces couches 52, 60, 64 sont en un même matériau. C'est dans cette septième couche 64 qu'on forme les lames flexibles 28.

**[0052]** Les première et troisième couches 52, 56 permettent la réalisation de structures sacrificielles, lesquelles peuvent comprendre des liaisons flexibles assurées par la troisième couche 56. Pour ce faire, différentes découpes sont réalisées dans les couches 52-64 afin, notamment, de créer des amorces de pliages et/ou des amorces de rupture. Des découpes réalisées dans la septième couche 64 permettent de définir les lames flexibles 28.

**[0053]** Les structures sacrificielles peuvent notamment comprendre un ou plusieurs échafaudages de montage - de l'anglais „mounting scaffold“ - facilitant ou automatisant le déploiement de l'assemblage 50 selon une direction perpendiculaire au plan moyen de cet assemblage 50. Ce ou ces échafaudage(s) de montage permet(tent) de relier les différents mouvements nécessaires au déploiement de l'assemblage multicouche 50, de manière que ce déploiement puisse être réalisé en agissant sur l'assemblage selon un unique degré de liberté.

**[0054]** Ici, en déployant l'assemblage 50, selon une direction normale au plan moyen de l'assemblage 50, on obtient les différentes lames flexibles 28 nécessaires à la réalisation des liaisons pivot dans l'oscillateur 13 de la figure 5. Avantageusement, comme cela est visible sur la figure 7, les lames flexibles 28 sont toujours assemblées ensemble après le déploiement, de manière à maintenir leurs positions relatives.

**[0055]** Comme indiqué précédemment, chaque lame 28 flexible peut présenter avantageusement une épaisseur supérieure ou égale à 1  $\mu\text{m}$ , de préférence supérieure ou égale à 5  $\mu\text{m}$ , et/ou inférieure ou égale à 30  $\mu\text{m}$ , de préférence inférieure ou égale à 20  $\mu\text{m}$ , de préférence inférieure ou égale à 15  $\mu\text{m}$ . Chaque lame flexible peut encore présenter une largeur supérieure ou égale à 0,1 mm et/ou inférieure ou égale à 2 mm, de préférence inférieure ou égale à 1 mm. Chaque lame flexible 28 peut aussi présenter par exemple une longueur inférieure à 5 mm, de préférence comprise entre 0,5 mm et 2 mm. Chaque lame flexible peut encore présenter un rapport d'aspect défini comme le rapport entre la largeur et l'épaisseur de la lame, supérieur à 10, de préférence supérieur à 25.

**[0056]** En outre, avantageusement, chaque lame flexible 28 présente une longueur libre supérieure ou égale au tiers de la largeur de la lame flexible 28. La longueur libre d'une lame flexible 28 s'entend de la longueur de la lame flexible 28 entre les deux points de fixation à des bielles 20-26, au bâti 16 ou au corps oscillant 17.

**[0057]** Comme visible sur la figure 7, une fois l'assemblage 50 déployé, on peut superposer deux nouvelles couches 66, 68 sur cet assemblage 50, dont :

- une première couche 66 forme le bâti, les premières 20, troisièmes 24 et quatrièmes 26 bielles des différents ensembles de bielles 18 de l'oscillateur 13 et le corps oscillant 17 ; et
- une deuxième couche 68 forme les deuxièmes bielles 22 des différents ensembles de bielles 18 de l'oscillateur 13, ces deuxièmes bielles 22 ne s'étendant pas dans le même plan que les premières, troisièmes et quatrièmes bielles 20, 24, 26 des différents ensemble de bielles 18 de l'oscillateur 13, pour permettre les oscillations du corps oscillant 17.

**[0058]** Il convient alors de fixer les lames flexibles 28 aux différentes bielles 20-26, au bâti 16 et/ou au corps oscillant 17 pour obtenir l'assemblage 70 de la figure 8. L'oscillateur 13 peut être obtenu à partir de cet assemblage 70, après que ses attaches aux différentes couches ont été supprimées, notamment coupées. Des liens entre différentes bielles peuvent également être coupés à cette étape, liens qui permettraient d'assurer la position relative des bielles dans l'assemblage 70.

**[0059]** Comme cela est visible sur les figures 6 à 8, les différentes couches 52-68 peuvent présenter des trous pour recevoir un guide, permettant d'assurer une position relative des différentes couches 52-68 superposées aussi précise

que possible. En l'espèce, les différentes couches 52-68 étant de forme sensiblement rectangulaire, les trous sont réalisés au voisinage des coins de ces couches. L'un des trous peut être de diamètre réduit. Ce trou a alors en outre une fonction de détrompeur.

**[0060]** Dans les deux exemples décrits précédemment, les bielles 20-26 ; le bâti 16 et/ou le corps oscillant 17 peuvent notamment être en l'un parmi le tungstène, le molybdène, l'or, l'argent, le tantale, le platine, les alliages comprenant ces éléments, un matériau polymère chargé de particules de densité supérieure à dix, notamment de particules de tungstène, l'acier, un alliage de cuivre, notamment le laiton. Ces matériaux sont en effet lourds. D'autres matériaux pouvant être mis en oeuvre sont également accessibles à l'homme de l'art.

**[0061]** Les bielles 20-26, le bâti 16 et/ou le corps oscillant 17 peuvent encore être en matériau choisi parmi le silicium, le verre, le saphir ou alumine, le diamant, notamment le diamant synthétique, en particulier le diamant synthétique obtenu par procédé de déposition chimique en phase vapeur, le titane, un alliage de titane, notamment un alliage de la famille des Gum metal® et un alliage de la famille des élinvars, en particulier l'Elinvar®, le Nivarox®, le Thermelast®, le NI-Span-C® et le Précision C®.

**[0062]** Ces matériaux présentent en effet l'avantage que leur module d'Young est très peu sensible aux variations de température. Ceci est particulièrement avantageux dans le domaine horloger, afin que l'oscillateur 13 garde sa précision, même en cas de variations de température.

**[0063]** Les Gum métal® sont des matériaux comprenant : 23 % de niobium ; 0,7 % de tantale ; 2 % de zirconium ; 1 % d'oxygène ; facultativement du vanadium ; et facultativement du hafnium.

**[0064]** Les alliages élinvars sont des alliages d'acier au nickel comprenant du nickel et du chrome qui sont très peu sensibles aux températures. L'Elinvar®, en particulier, est un alliage d'acier au nickel, comprenant 59 % de fer, 36 % de nickel et 5 % de chrome.

**[0065]** Le NI-Span-C® comprend entre 41,0 et 43,5 % de nickel et de cobalt ; entre 4,9 et 5,75 % de chrome ; entre 2,20 et 2,75 % de titane ; entre 0,30 et 0,80 % d'aluminium ; au plus 0,06 % de carbone ; au plus 0,80 % de manganèse ; au plus 1 % de silicium ; au plus 0,04 % de soufre ; au plus de 0,04 % de phosphore ; et le complément à 100 % en fer.

**[0066]** Le Précision C® comprend : 42 % de nickel ; 5,3 % de chrome ; 2,4 % de titane ; 0,55 % d'aluminium ; 0,50 % de silicium ; 0,40 % de manganèse ; 0,02 % de carbone ; et le complément à 100 % en fer.

**[0067]** Le Nivarox® comprend : entre 30 et 40 % de nickel ; entre 0,7 et 1,0 % de beryllium ; entre 6 et 9 % de molybdène et/ou 8 % de chrome ; de manière facultative, 1 % de titane ; entre 0,7 et 0,8 % de manganèse ; entre 0,1 et 0,2 % de silicium ; du carbone, jusqu'à 0,2 % ; et le complément en fer.

**[0068]** Le Thermelast® comprend : 42,5 % de nickel ; moins de 1 % de silicium ; 5,3 % de chrome ; moins de 1 % d'aluminium ; moins de 1 % de manganèse ; 2,5 % de titane ; et 48 % de fer.

**[0069]** Toutes les compositions ci-dessus sont indiquées en pourcentages massiques.

**[0070]** Le procédé peut se poursuivre par la fourniture :

- d'un dispositif de stockage d'énergie 8, par exemple un ressort de barillet,
- d'une transmission mécanique 9 mue par le dispositif de stockage d'énergie mécanique 8,
- d'un indicateur de temps 7, notamment deux aiguilles 7a, 7b,
- d'un organe de distribution d'énergie 10, comme par exemple une roue d'échappement,
- d'une ancre 11 adaptée pour séquentiellement retenir et libérer l'organe de distribution d'énergie 10,

**[0071]** et par l'assemblage de ces éléments avec l'oscillateur 13 pour former un mécanisme (ou mouvement) dans lequel l'oscillateur 13 contrôle l'ancre 11 pour la déplacer régulièrement de façon que l'organe de distribution d'énergie soit déplacé pas à pas à intervalles de temps constants.

**[0072]** On peut encore fournir un boîtier 2, un remontoir 4, un cadran 5 et un verre 6 destiné à recouvrir le cadran 5 et réaliser une pièce d'horlogerie en montant le mouvement dans le boîtier 2, placer le cadran 5 dans le boîtier et fermer le boîtier 2 à l'aide du verre 6.

**[0073]** L'invention ne se limite pas aux exemples décrits ci-avant mais est, au contraire, susceptible de faire l'objet de nombreuses variantes accessibles à l'homme de l'art.

**[0074]** Par exemple, dans les exemples décrits les ensembles de bielles sont tous identiques. Alternativement cependant, les ensembles de bielles pivotantes sont différents. Avantagusement, les axes (AB) et (CD) des différents ensembles de bielles sont malgré tout concourants en un même point.

**[0075]** Également, le mécanisme pour pièce d'horlogerie incluant l'oscillateur 13 peut comporter en outre :

- un deuxième organe oscillant monté élastiquement sur le bâti pour osciller, les premier et deuxième organes oscillant étant reliés entre eux pour avoir toujours des mouvements symétriques et opposés, et
- un organe d'équilibrage qui est commandé par le deuxième organe oscillant pour se déplacer selon des mouvements symétriques et opposés à l'ancre.

**[0076]** Par exemple, le deuxième organe oscillant fait partie d'un oscillateur tel qu'illustré aux figures 3 ou 5, conformément pour que le deuxième organe oscillant oscille en opposition de phase avec l'organe oscillant 17 de l'oscillateur 13.

### Revendications

1. Oscillateur (13) pour régulateur (12) de mécanisme (14) de pièce d'horlogerie (1), comprenant :
  - un bâti (16) ;
  - un corps oscillant (17) autour d'un axe de rotation ( $\Delta$ ) ;
  - une pluralité d'ensembles de bielles pivotantes (18), chaque bielle (20-26) s'étendant parallèlement à un plan médian (XY) de l'oscillateur (13), chaque ensemble de bielles pivotantes (18) comprenant au moins des première (20), deuxième (22), troisième (24) et quatrième (26) bielles telles que :
    - au voisinage d'une première extrémité (20a) de la première bielle (20), la première bielle (20) est montée pivotante par rapport au bâti (16) autour d'un premier axe de rotation (A1), le premier axe de rotation (A1) interceptant le plan médian (XY) de l'oscillateur (13) en un point A ;
    - au voisinage d'une première extrémité (22a) de la deuxième bielle (22), la deuxième bielle (22) est montée pivotante par rapport au bâti (16) autour d'un deuxième axe de rotation (A2), le deuxième axe de rotation (A2) interceptant le plan médian (XY) de l'oscillateur (13) en un point B ;
    - au voisinage d'une première extrémité (24a) de la troisième bielle (24), la troisième bielle (24) est montée pivotante par rapport au corps oscillant (17) autour d'un troisième axe de rotation (A3), le troisième axe de rotation (A3) interceptant le plan médian (XY) de l'oscillateur (13) en un point C ;
    - au voisinage d'une première extrémité (26a) de la quatrième bielle (26), la quatrième bielle (26) est montée pivotante par rapport au corps oscillant (17) autour d'un quatrième axe de rotation (A4), le quatrième axe de rotation (A4) interceptant le plan médian (XY) de l'oscillateur (13) en un point D ;
    - au voisinage d'une deuxième extrémité (20b) de la première bielle (20) et d'une deuxième extrémité (26b) de la quatrième bielle (26), les première et quatrième bielles (20 ; 26) sont montées pivotantes l'une par rapport à l'autre autour d'un cinquième axe de rotation (A5), le cinquième axe de rotation (A5) interceptant le plan médian (XY) de l'oscillateur (13) en un point E ;
    - au voisinage d'une deuxième extrémité (22b) de la deuxième bielle (22) et d'une deuxième extrémité (24b) de la troisième bielle (24), les deuxième et troisième bielles (22 ; 24) sont montées pivotantes l'une par rapport à l'autre autour d'un sixième axe de rotation (A6), le sixième axe de rotation (A6) interceptant le plan médian (XY) de l'oscillateur (13) en un point F ;
    - les deuxième et quatrième bielles (22 ; 26) sont montées pivotantes l'une par rapport à l'autre, autour d'un septième axe de rotation (A7), le septième axe de rotation (A7) interceptant le plan médian (XY) de l'oscillateur (13) en un point G ;
    - chacun des premier, deuxième, troisième, quatrième, cinquième, sixième et septième axes de rotation (A1-A7) étant normal au plan médian (XY) de l'oscillateur (13) ;
    - les quadrilatères ABGE et GDCE sont des parallélogrammes ;
    - les droites AB et CD sont concourantes en un point O commun à tous les ensembles de bielles pivotantes (18), ledit point commun O correspondant à l'intersection de l'axe de rotation ( $\Delta$ ) du corps oscillant (17) avec le plan médian (XY) de l'oscillateur (13).
2. Oscillateur selon la revendication 1, comprenant au moins trois ensembles de bielles pivotantes (18).
3. Oscillateur selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les ensembles de bielles pivotantes (18) sont équirépartis angulairement autour de l'axe de rotation ( $\Delta$ ) du corps oscillant (17).
4. Oscillateur selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel les ensembles de bielles pivotantes (18) sont identiques.
5. Oscillateur selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel la distance OD est égale à la distance DC.
6. Oscillateur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la distance AE est égale à la distance GF.
7. Oscillateur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les points B, G et F sont alignés.
8. Oscillateur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les points E, G, D sont alignés.
9. Oscillateur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque liaison entre les bielles (20-26), entre les bielles (20-26) et le corps oscillant (17) et entre les bielles (20-26) et le bâti (16) est réalisée au moyen d'une lame flexible (28), chaque lame flexible (28) s'étendant principalement dans un plan normal au plan médian (XY) de l'oscillateur (13).

10. Oscillateur selon l'une des revendications précédentes, conçu pour osciller à une fréquence supérieure ou égale à 4 Hz, de préférence supérieure ou égale à 5 Hz, et/ou inférieure ou égale à 50 Hz, de préférence inférieure ou égale à 15 Hz.
11. Mécanisme pour pièce d'horlogerie comprenant :
  - un oscillateur (13) selon l'une des revendications 1 à 10,
  - une ancre (11) adaptée pour coopérer avec un organe de distribution d'énergie (10), **par exemple une roue d'échappement**, et destiné à être sollicité par un dispositif de stockage d'énergie (8), **par exemple un ressort de barillet**, ladite ancre (11) étant commandée par l'oscillateur (13) pour régulièrement et alternativement bloquer et libérer l'organe de distribution d'énergie (10), de sorte que ledit organe de distribution d'énergie (10) se déplace pas à pas sous la sollicitation du dispositif de stockage d'énergie (8) selon un cycle de mouvement répétitif, et ladite ancre (11) étant adaptée pour transférer de l'énergie mécanique à l'oscillateur (13) au cours de ce cycle de mouvement répétitif.
12. Mouvement horloger (3) comprenant un mécanisme (14) selon la revendication 11 et ledit organe de distribution d'énergie (10).
13. Pièce d'horlogerie (1) comprenant un mouvement horloger (3) selon la revendication 12.
14. Procédé pour réaliser un oscillateur selon l'une des revendications 1 à 10, chaque liaison entre les bielles (20-26) de l'oscillateur, entre les bielles (20-26) et le corps oscillant (17) et entre les bielles (20-26) et le bâti (16) étant réalisée au moyen d'une lame flexible (28), chaque lame flexible (28) s'étendant principalement dans un plan normal au plan médian (XY) de l'oscillateur (13), comprenant :
  - la réalisation de lames (28) en matériau flexible ;
  - la superposition de couches (66 ; 68) formant au moins l'un parmi les bielles (20-26), le corps oscillant (17) et le bâti (16), en au moins un matériau rigide ; et
  - la fixation des lames flexibles (28) aux bielles (20-26), au corps oscillant (17) et au bâti (16), le cas échéant.
15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel les lames flexibles (28) sont réalisées par superposition de couches (52-64) dont au moins une (56) est flexible par rapport aux autres, afin de former un assemblage multicouche (50), et par déploiement de l'assemblage multicouche (50) selon une direction perpendiculaire au plan moyen de l'assemblage multicouche (50) afin de former les lames flexibles (28) de manière que chacune de celles-ci s'étende principalement selon un plan perpendiculaire au plan moyen de l'assemblage multicouche (50).

[Fig. 1]

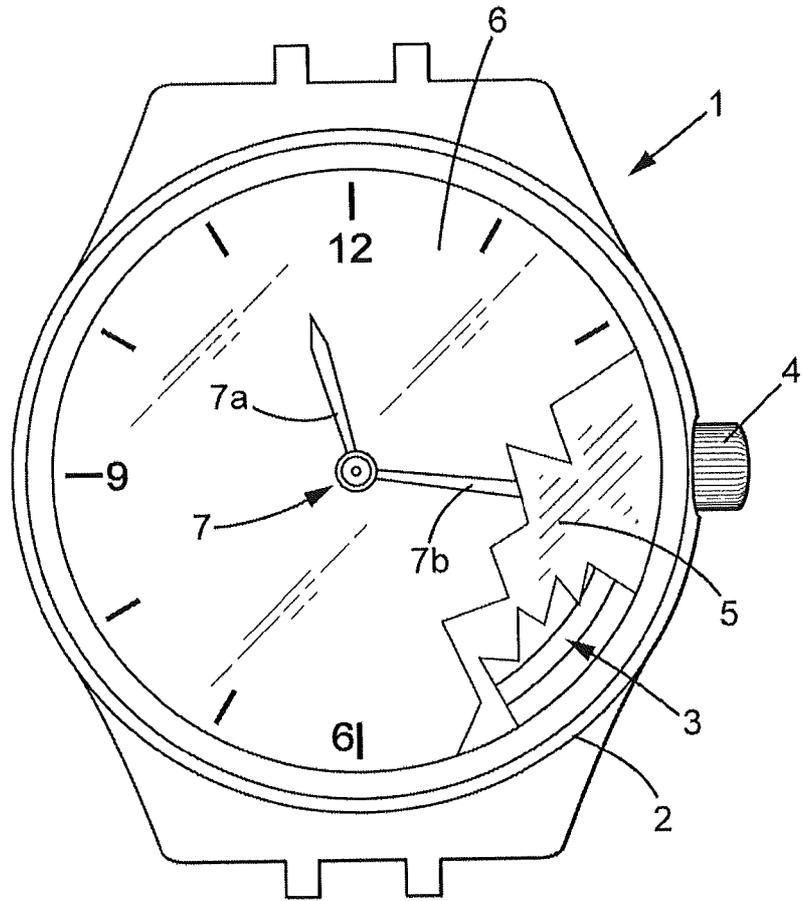


FIG. 1

[Fig. 2]

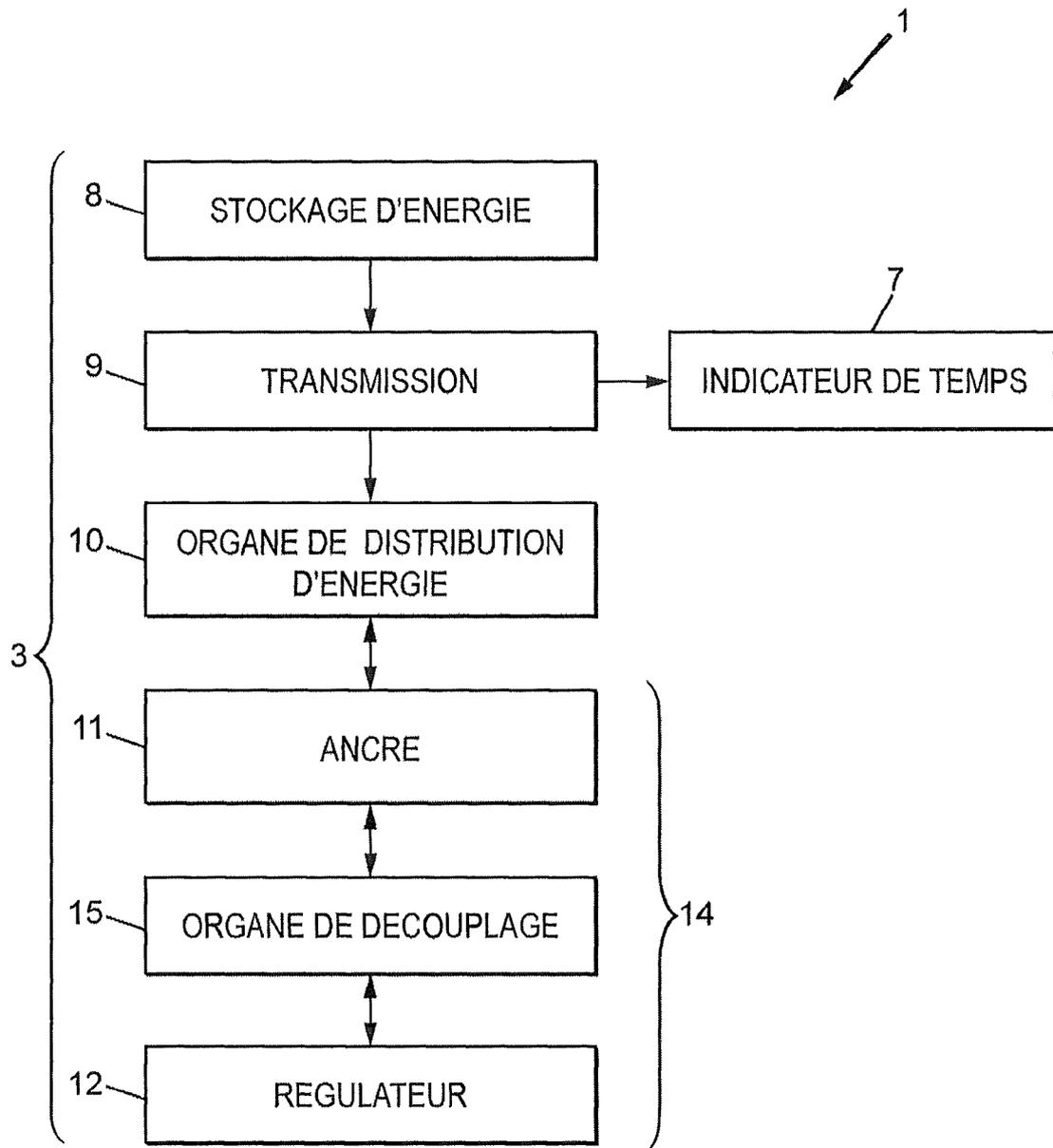


FIG. 2

[Fig. 3]

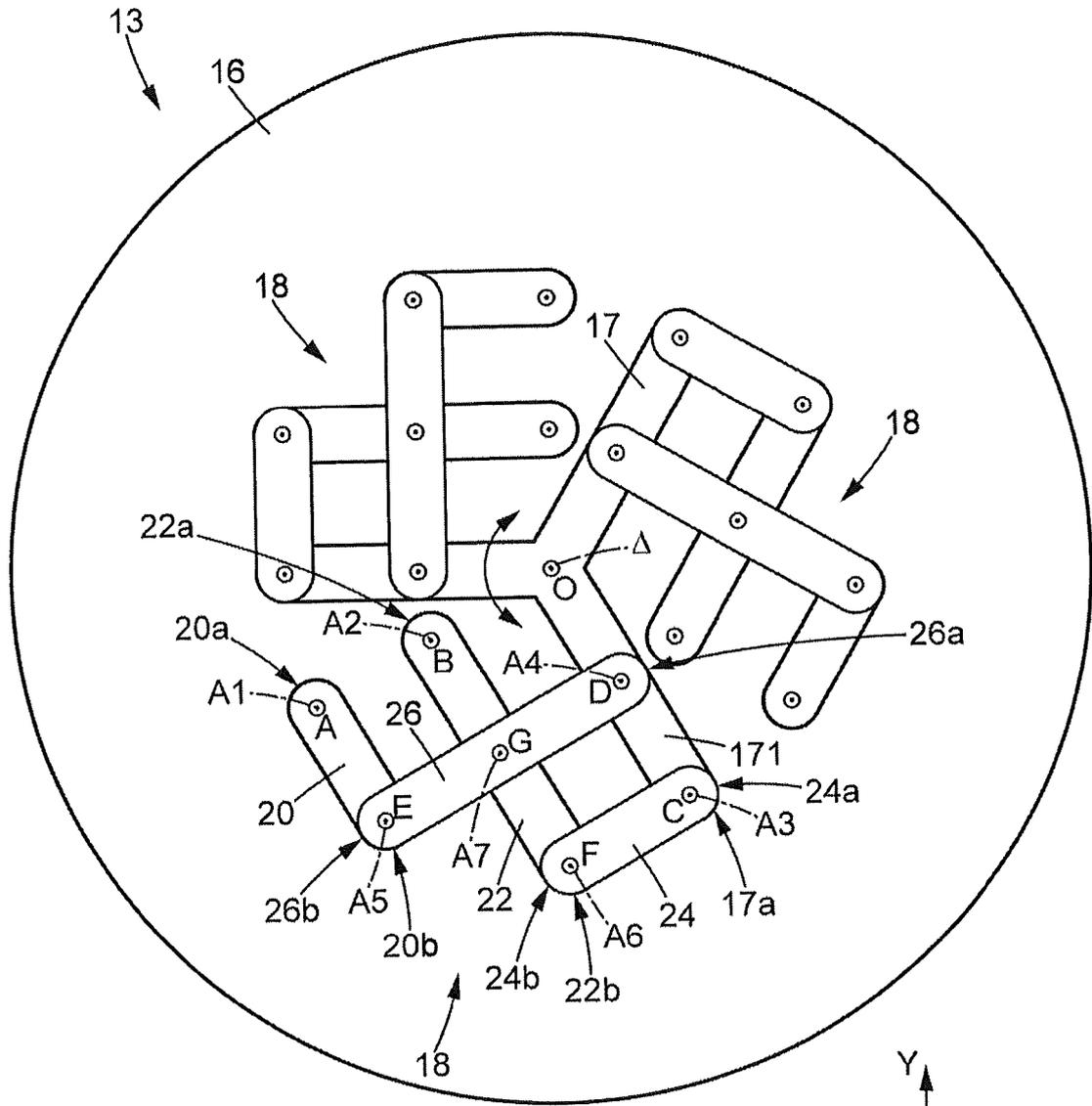
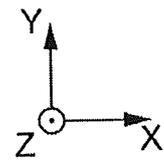


FIG. 3



[Fig. 4]

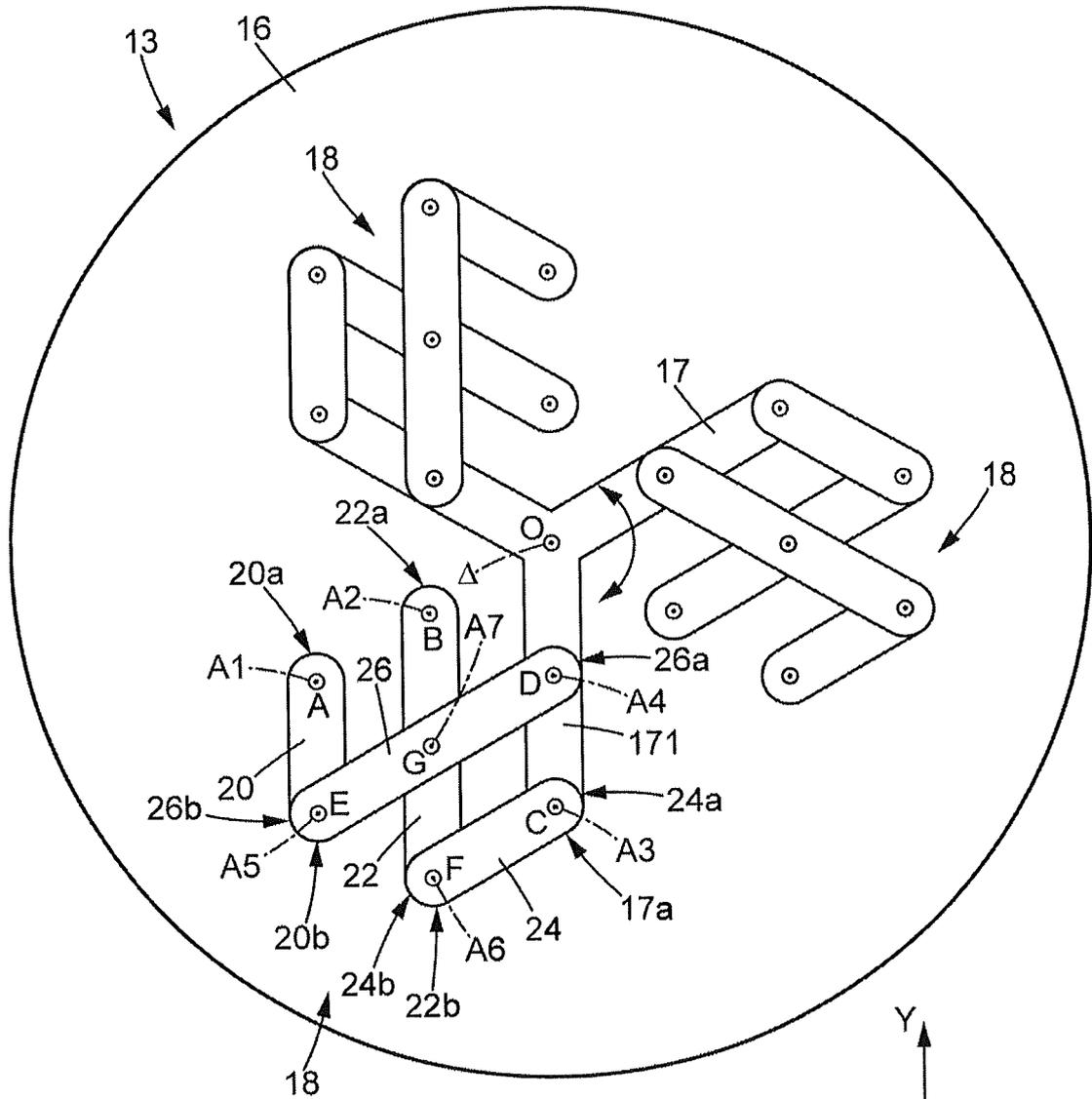
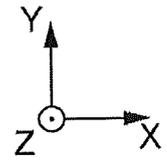


FIG. 4



[Fig. 5]

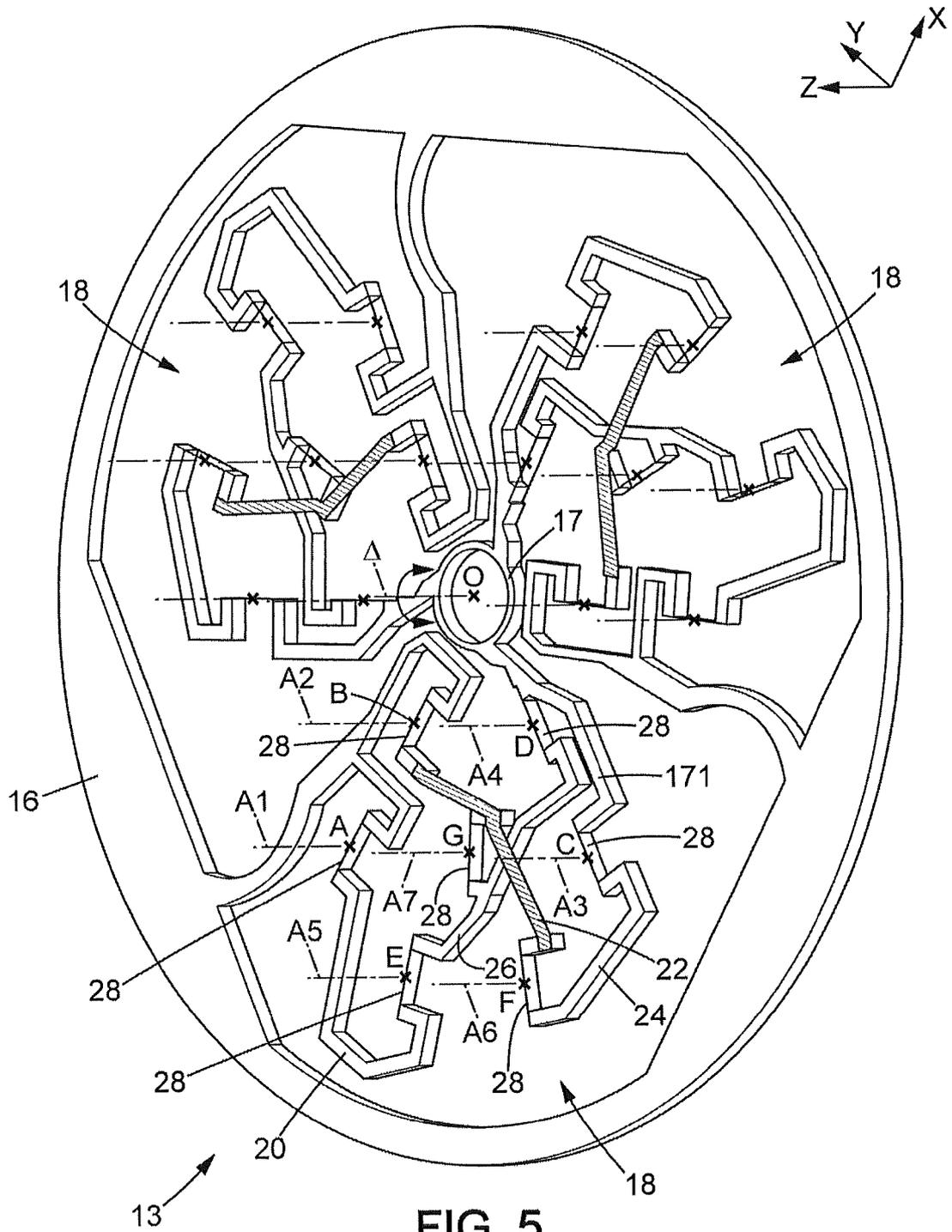


FIG. 5

[Fig. 6]

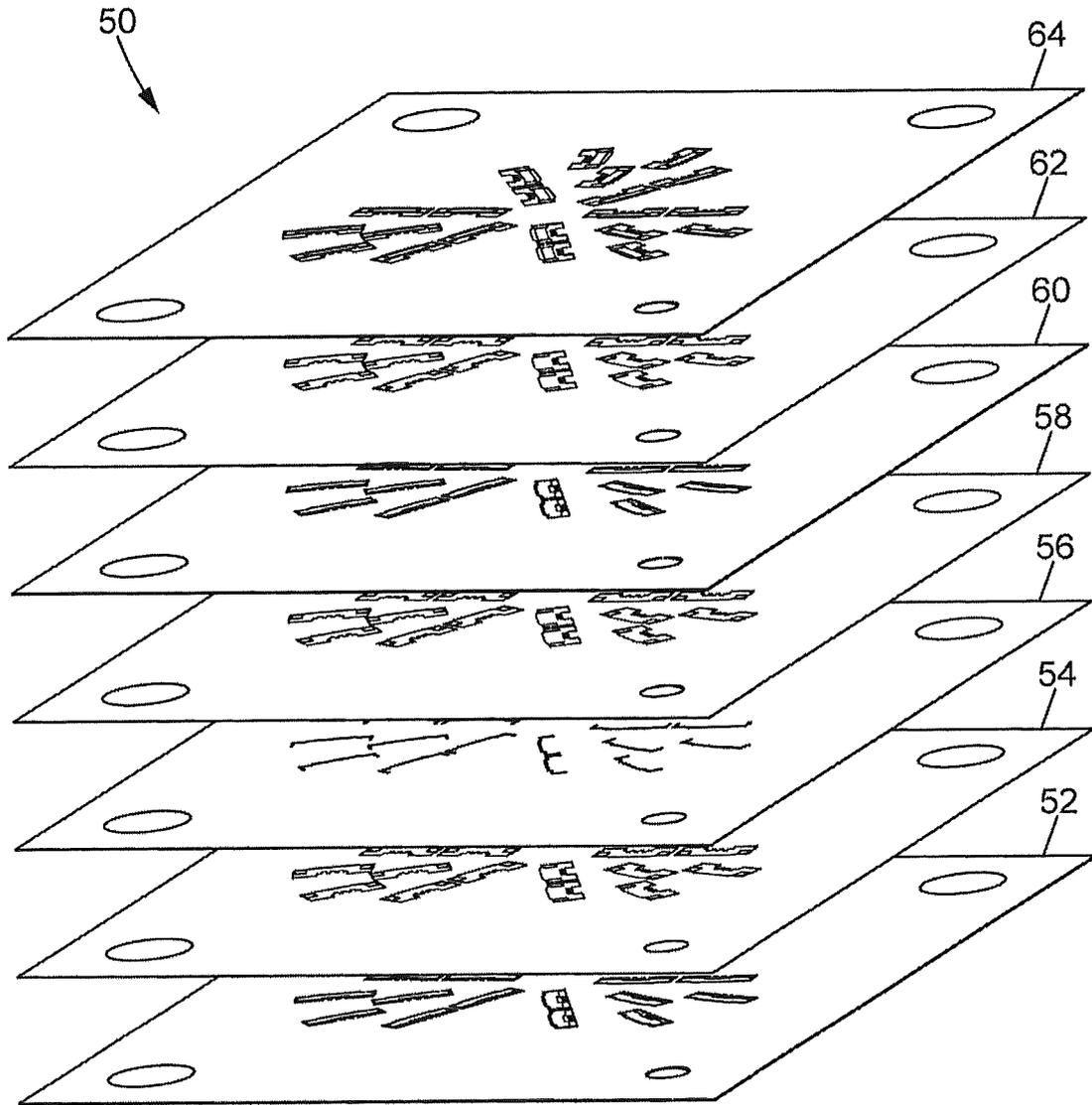


FIG. 6

[Fig. 7]

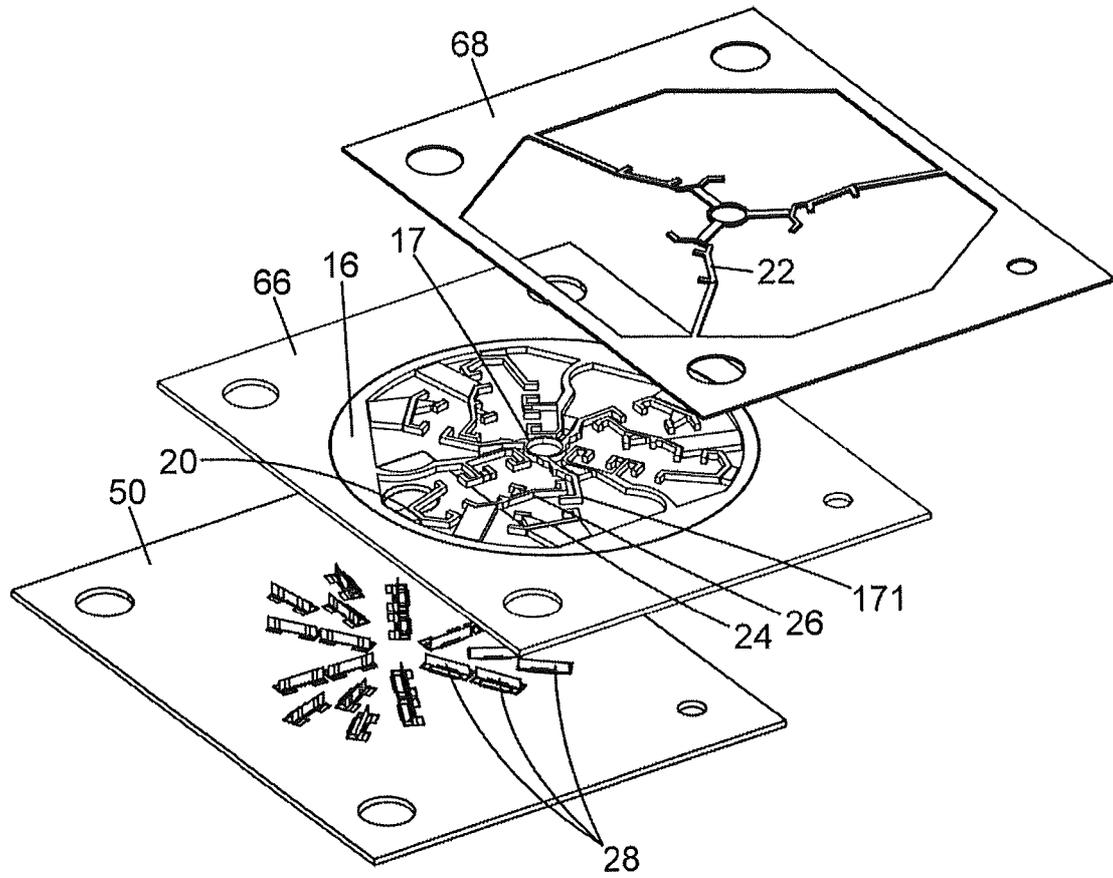


FIG. 7

[Fig. 8]

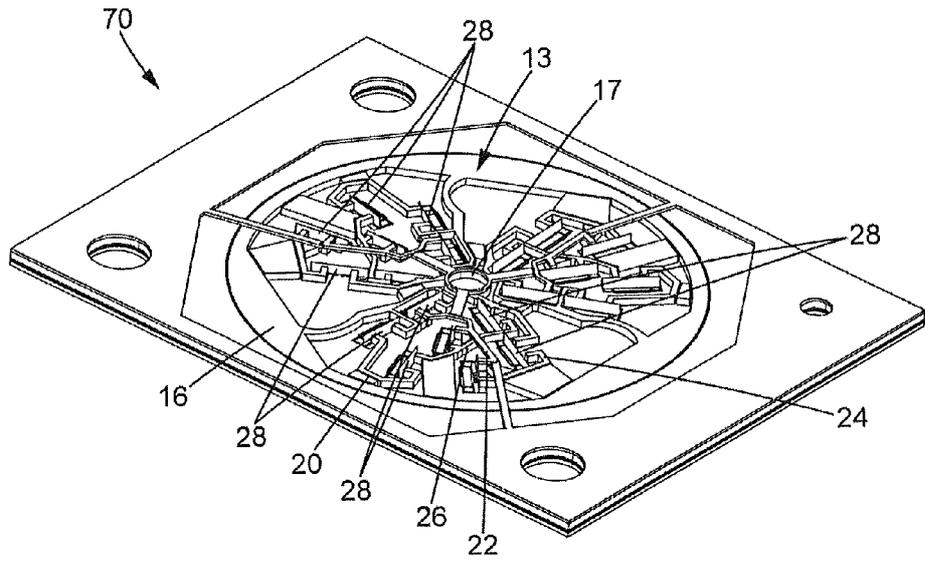


FIG. 8