



(11)

**EP 4 286 959 A1**

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**06.12.2023 Bulletin 2023/49**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**G04B 17/04 (2006.01) G04B 15/06 (2006.01)**  
**G04B 15/14 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **22176929.2**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**G04B 17/045; G04B 15/06; G04B 15/14**

(22) Date de dépôt: **02.06.2022**

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

- **MILLIER, Michael**  
**1228 Plan-les-Ouates (CH)**
- **PERRON, Pascal**  
**1228 Plan-les-Ouates (CH)**
- **MARANGÉ, Mathieu**  
**1228 Plan-les-Ouates (CH)**
- **KRÜTTLI, Anthony**  
**1228 Plan-les-Ouates (CH)**

(71) Demandeur: **Patek Philippe SA Genève**  
**1204 Genève (CH)**

(74) Mandataire: **Micheli & Cie SA**  
**Rue de Genève 122**  
**Case Postale 61**  
**1226 Genève-Thônex (CH)**

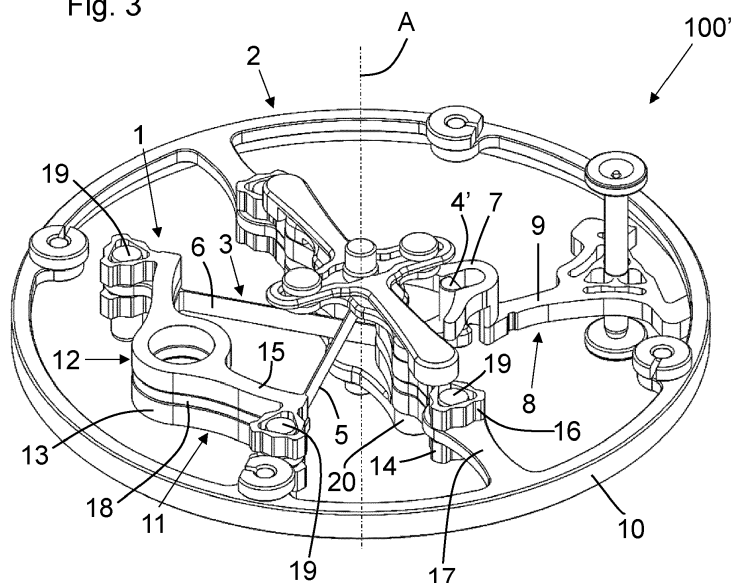
(72) Inventeurs:  
• **CHABLOZ, David**  
**1228 Plan-les-Ouates (CH)**

(54) **OSCILLATEUR HORLOGER À PIVOT FLEXIBLE**

(57) L'oscillateur horloger (100') selon l'invention comprend un support (1), un balancier (2) et un pivot flexible (3) pour guider le balancier (2) en rotation par rapport au support (1) autour d'un axe de rotation virtuel (A) et pour exercer sur le balancier (2) un couple de rappel. Le pivot flexible (3) comprend des lames élastiques (5, 6) ayant des plans médians (P1, P2) respectifs différents perpendiculaires à l'axe de rotation virtuel (A), l'en-

semble des plans médians (P1, P2) étant symétrique par rapport à un plan de symétrie (P3). L'oscillateur (100') comprend en outre un élément d'impulsion (4') solidaire du balancier (2) et destiné à coopérer avec un organe d'échappement (8). La zone fonctionnelle de l'élément d'impulsion (4'), destinée à être en contact avec l'organe d'échappement (8), traverse le plan de symétrie (P3).

Fig. 3



## Description

**[0001]** La présente invention concerne un oscillateur à pivot flexible destiné à servir de base de temps dans un mécanisme horloger.

**[0002]** Un oscillateur à pivot flexible est un oscillateur dont l'organe oscillant (balancier) est guidé en rotation par un agencement de parties élastiques et non pas par un axe de rotation physique glissant dans des paliers. En plus de sa fonction de guidage en rotation, le pivot flexible exerce un couple de rappel sur l'organe oscillant à l'instar du spiral d'un oscillateur balancier-spiral.

**[0003]** Contrairement aux oscillateurs balancier-spiral, un oscillateur à pivot flexible ne produit pas de frottements secs pendant son fonctionnement. Il présente donc un meilleur facteur de qualité.

**[0004]** La présente invention concerne plus particulièrement un oscillateur à pivot flexible dont l'agencement de parties élastiques comprend des lames s'étendant dans des plans parallèles différents, typiquement des lames dites croisées séparées qui se croisent en vue de dessus sans se toucher. De tels oscillateurs horlogers sont décrits par exemple dans les demandes de brevet EP 2911012, EP 2998800, EP 3382470, EP 3839651, EP 3410229, EP 3502784, US 2020/0033804, WO 2016/096677, WO 2017/055983, WO 2018/109584 et WO 2022/009102.

**[0005]** Un but de la présente invention est d'améliorer l'isochronisme de tels oscillateurs horlogers.

**[0006]** Ce but est atteint par un oscillateur horloger selon la revendication 1, des modes de réalisation particuliers étant définis dans les revendications dépendantes.

**[0007]** La présente invention propose en outre un dispositif régulateur horloger et une pièce d'horlogerie comprenant un tel oscillateur horloger.

**[0008]** L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée suivante faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective d'un oscillateur horloger selon l'état de la technique ;
- la figure 2 montre des résultats de mesure de la marche de l'oscillateur horloger illustré à la figure 1 (graphe G1) et d'un oscillateur horloger selon l'invention (graphe G2) ;
- les figures 3 et 4 sont respectivement une vue en perspective et une vue en coupe diamétrale d'un oscillateur horloger selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- les figures 5 et 6 sont respectivement une vue en perspective et une vue en coupe diamétrale d'un oscillateur horloger selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- les figures 7 et 8 sont respectivement une vue en perspective et une vue en coupe diamétrale d'un oscillateur horloger selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

**[0009]** La figure 1 montre un oscillateur horloger 100 à lames croisées séparées tel que décrit dans la demande de brevet WO 2022/009102 du présent déposant. Il comprend notamment un support 1, un balancier 2, un pivot flexible 3 reliant le balancier 2 au support 1 et une cheville d'impulsion 4 solidaire du balancier 2.

**[0010]** Le support 1 est destiné à être monté sur un bâti fixe ou mobile d'un mécanisme horloger. Le pivot flexible 3 comprend des première et deuxième lames élastiques 5, 6 identiques mais s'étendant dans des plans parallèles et dans des directions différentes pour se croiser sans contact. Le croisement des lames 5, 6 définit un axe de rotation virtuel A du balancier 2 par rapport au support 1, axe de rotation qui est perpendiculaire auxdits plans parallèles et au plan du balancier 2. Le pivot flexible 3 sert ainsi à suspendre le balancier 2 au support 1, à guider le balancier 2 en rotation par rapport au support 1 autour de l'axe de rotation virtuel A et à exercer sur le balancier 2 un couple de rappel élastique tendant à le ramener dans une position d'équilibre par rapport au support 1. La cheville d'impulsion 4 est destinée à recevoir des impulsions d'une fourchette d'échappement et à les transmettre au balancier 2 pour entretenir les oscillations de ce dernier.

**[0011]** La figure 2 montre, par le graphe G1, une courbe d'isochronisme de l'oscillateur 100. En ordonnées est portée la marche en secondes par jour et en abscisses est portée l'amplitude d'oscillation du balancier en degrés. Ce graphe G1 indique plus précisément les valeurs de marche mesurées pendant des oscillations de l'oscillateur 100 entretenues par un échappement classique, en l'occurrence un échappement à ancre suisse. Comme on peut le voir, il apparaît dans une zone Z un défaut d'isochronisme important, à savoir une chute prononcée de la marche suivie d'une remontée rapide. Dans l'exemple illustré, ce défaut se produit aux alentours d'une amplitude  $A_0$  comprise entre  $23^\circ$  et  $24^\circ$ .

**[0012]** Un tel défaut affecte sensiblement la précision de la mesure du temps et peut nécessiter de faire fonctionner l'oscillateur dans une plage d'amplitudes disjointe de la zone Z. Ce défaut peut s'expliquer par un phénomène de résonance dû à l'excitation d'un mode parasite de tangage du balancier. Dans ce mode parasite, en plus de son oscillation dans son plan autour de l'axe A, le balancier oscille hors de son plan autour d'un axe Y qui coupe l'axe A perpendiculairement.

**[0013]** Pour résoudre ce problème, ou au moins l'atténuer, il est proposé dans la présente invention de placer la cheville d'impulsion de manière adéquate afin d'éviter d'exciter le mode parasite de tangage. Alors que dans l'oscillateur 100 la cheville d'impulsion 4 est située à une hauteur différente de celles du balancier 2 et du pivot flexible 3, la cheville d'impulsion dans la présente invention est agencée pour que sa zone fonctionnelle, destinée à être en contact avec la fourchette de l'échappement, traverse le plan de symétrie des plans médians des lames 5, 6 perpendiculaires à l'axe A. De cette manière, il n'y a plus, ou presque plus, de bras de levier

entre l'axe Y de tangage et la zone d'interaction entre l'oscillateur et l'échappement et le phénomène de résonance mentionné plus haut est supprimé ou atténué.

**[0014]** Plus précisément, l'invention propose un oscillateur horloger 100' (cf. figures 3 et 4) qui diffère de l'oscillateur 100 en ce que la zone fonctionnelle de la cheville d'impulsion 4' traverse le plan P3 de symétrie du plan médian P1, perpendiculaire à l'axe A, de la lame 5 et du plan médian P2, perpendiculaire à l'axe A, de la lame 6.

**[0015]** Avantageusement, la fourchette d'échappement 7, située à la même hauteur que la zone fonctionnelle de la cheville d'impulsion 4', fait partie d'une ancre 8 et est surélevée par rapport au corps 9 de l'ancre 8 pour permettre audit corps de s'étendre dans un plan différent de celui de la serge, 10, du balancier 2 et éviter ainsi tout risque de collision entre l'ancre 8 et le balancier 2 pendant le fonctionnement de l'oscillateur.

**[0016]** Le graphe G2 de la figure 2 montre les résultats de mesure de marche obtenus avec l'oscillateur 100'. On constate que le défaut d'isochronisme mentionné plus haut a disparu, ce qui permet de choisir une plage d'amplitudes pour le fonctionnement de l'oscillateur indépendamment des fréquences parasites.

**[0017]** L'oscillateur 100' tel que représenté aux figures 3 et 4 est formé d'un assemblage de pièces empilées, à savoir une pièce inférieure 11, une pièce supérieure 12 et, entre les deux, le balancier 2. La pièce inférieure 11 comprend un étage inférieur 13 du support 1, la lame élastique 6 et un bras inférieur 14 relié à l'étage inférieur 13 du support 1 par la lame élastique 6. La pièce supérieure 12 comprend un étage supérieur 15 du support 1, la lame élastique 5 et un bras supérieur 16 relié à l'étage supérieur 15 du support 1 par la lame élastique 5. Outre la serge 10, le balancier 2 comprend un bras diamétral 17 interrompu dans sa partie centrale pour ne pas interférer avec les lames élastiques 5, 6. Ce bras diamétral 17 est assemblé aux bras inférieur et supérieur 14, 16 et sert d'entretoise à ces derniers. Chacune des pièces inférieure et supérieure 11, 12 est monolithique et réalisée par exemple en silicium, éventuellement revêtu d'une couche, par exemple d'une couche d'oxyde de silicium. Le balancier 2 est typiquement réalisé dans un matériau dense tel que le cuivre au béryllium, l'or, le platine, le maillechort ou autre métal ou alliage dense. Les étages inférieur et supérieur 13, 15 du support 1 sont superposés en étant séparés par une entretoise 18, par exemple métallique. Les pièces 2, 11, 12 et 18 sont assemblées par des goupilles 19. Un organe de butée inférieur 20 sur la face inférieure du bras inférieur 14, destiné à coopérer en cas de choc avec une butée fixe par rapport au support 1 pour protéger les lames élastiques 5, 6, porte la cheville d'impulsion 4' qui s'étend parallèlement à l'axe A. Toutefois, cette cheville d'impulsion 4' pourrait être portée par un autre organe que l'organe de butée inférieur 20 et pourrait être sous une autre forme.

**[0018]** Les figures 5 et 6 montrent un oscillateur horloger 100" selon un deuxième mode de réalisation de

l'invention. Dans ce deuxième mode de réalisation, la cheville d'impulsion est remplacée par un doigt d'impulsion 4" monobloc avec le balancier 2, donc typiquement métallique, situé dans le même plan que le bras diamétral 17 et faisant saillie radialement depuis les deux segments du bras diamétral 17. La zone fonctionnelle du doigt d'impulsion 4", destinée à être en contact avec la fourchette d'échappement 7, traverse le plan P3 de symétrie des plans médians P1 et P2 des lames 5, 6 et est même centrée par rapport à ce plan P3, comme le montre la figure 6.

**[0019]** Les figures 7 et 8 illustrent un oscillateur horloger 100''' selon un troisième mode de réalisation de l'invention. Dans ce troisième mode de réalisation, il n'y a pas d'entretoise entre les pièces inférieure et supérieure 11, 12 et le balancier 2 est situé au-dessus de l'empilement des bras inférieur et supérieur 14, 16. Un doigt 4''' formé par la superposition de deux doigts élémentaires monobloc avec les bras inférieur et supérieur 14, 16 respectivement et saillant radialement de ces bras constitue l'élément d'impulsion qui coopère avec la fourchette d'échappement 7. Etant défini par les pièces inférieure et supérieure 11, 12, le doigt d'impulsion 4''' est typiquement en silicium, éventuellement revêtu d'une couche, par exemple d'une couche d'oxyde de silicium. La zone fonctionnelle du doigt d'impulsion 4''' traverse le plan P3 de symétrie des plans médians P1 et P2 des lames 5, 6 et est même centrée par rapport à ce plan P3, comme visible sur la figure 8.

**[0020]** Bien que décrite dans le contexte d'un oscillateur à lames croisées séparées constitué d'un assemblage de pièces empilées, la présente invention s'applique tout aussi bien à des oscillateurs à lames croisées séparées monobloc, par exemple à l'oscillateur monobloc décrit dans la demande de brevet EP 3502784.

**[0021]** La présente invention s'applique plus généralement à tout type d'oscillateur horloger à pivot flexible comprenant des lames élastiques s'étendant dans des plans parallèles différents. D'autres exemples que les lames croisées séparées sont les lames RCC (Remote Center Compliance ; pivot à centre de rotation déporté) non coplanaires.

**[0022]** La présente invention n'est pas non plus limitée à deux lames élastiques. Lorsque le pivot flexible comprend plus de deux lames s'étendant dans des plans parallèles différents, par exemple trois ou quatre lames, la zone fonctionnelle de l'élément d'impulsion traverse le plan de symétrie de l'ensemble des plans médians des lames, ce plan de symétrie pouvant être l'un des plans médians des lames (par exemple dans le cas de trois lames) ou un plan qui sépare une moitié des lames de l'autre moitié des lames (par exemple dans le cas de quatre lames). Des exemples de pivots flexibles à lames multiples auxquels peut s'appliquer l'invention sont décrits dans les documents EP 2998800, EP 2911012, EP 3382470, EP 3410229 et US 2020/0033804.

**[0023]** Le balancier 2 a de préférence une serge 10 annulaire, comme représenté sur les figures 3, 5 et 7,

afin de maximiser le rapport inertie sur masse, mais sa serge pourrait avoir toute autre forme souhaitée, par exemple celle d'un ou plusieurs segments, annulaires ou non.

[0024] Par ailleurs, l'organe de l'échappement qui coopère avec l'élément d'impulsion 4', 4", 4''' n'est pas nécessairement une ancre. Il peut être une roue d'échappement, notamment dans le cas d'un échappement à impulsions directes, une bascule ou autre.

[0025] L'oscillateur horloger selon l'invention peut équiper une pièce d'horlogerie telle qu'une montre, en particulier une montre-bracelet, ou une pendulette.

## Revendications

1. Oscillateur horloger (100'; 100"; 100''') comprenant un support (1), un balancier (2) et un pivot flexible (3) pour guider le balancier (2) en rotation par rapport au support (1) autour d'un axe de rotation virtuel (A) et pour exercer sur le balancier (2) un couple de rappel, le pivot flexible (3) comprenant des lames élastiques (5, 6) ayant des plans médians (P1, P2) respectifs différents perpendiculaires à l'axe de rotation virtuel (A), l'ensemble des plans médians (P1, P2) étant symétrique par rapport à un plan de symétrie (P3), l'oscillateur (100' ; 100" ; 100''') comprenant en outre un élément d'impulsion (4' ; 4" ; 4''') solidaire du balancier (2) et destiné à coopérer avec un organe d'échappement (8), **caractérisé en ce que** la zone fonctionnelle de l'élément d'impulsion (4' ; 4" ; 4'''), destinée à être en contact avec l'organe d'échappement (8), traverse ledit plan de symétrie (P3).
2. Oscillateur horloger selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite zone fonctionnelle de l'élément d'impulsion (4", 4''') est centrée par rapport audit plan de symétrie (P3).
3. Oscillateur horloger selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le balancier (2) comprend une serge (10) annulaire.
4. Oscillateur horloger selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'élément d'impulsion (4') est une cheville s'étendant parallèlement à l'axe de rotation virtuel (A).
5. Oscillateur horloger selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'élément d'impulsion (4" ; 4''') est un doigt s'étendant radialement par rapport à l'axe de rotation virtuel (A).
6. Oscillateur horloger selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** lesdites lames élastiques (5, 6) comprennent des première et deuxième lames élastiques croisées.
7. Oscillateur horloger selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le pivot flexible (3) consiste en deux lames élastiques croisées (5, 6).
8. Dispositif régulateur horloger comprenant un oscillateur horloger (100' ; 100" ; 100''') selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 et un organe d'échappement (8) coopérant avec ladite zone fonctionnelle de l'élément d'impulsion (4' ; 4" ; 4''').
9. Dispositif régulateur horloger selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** l'organe d'échappement (8) comprend une fourchette d'échappement (7) coopérant avec ladite zone fonctionnelle de l'élément d'impulsion (4' ; 4" ; 4''').
10. Dispositif régulateur horloger selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'organe d'échappement (8) est une ancre comprenant un corps (9) et la fourchette d'échappement (7), et **en ce que** la fourchette d'échappement (7) est surélevée par rapport au corps (9).
11. Pièce horlogerie, par exemple montre ou pendulette, comprenant un oscillateur horloger selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 ou un dispositif régulateur horloger selon l'une quelconque des revendications 8 à 10.

Fig. 1

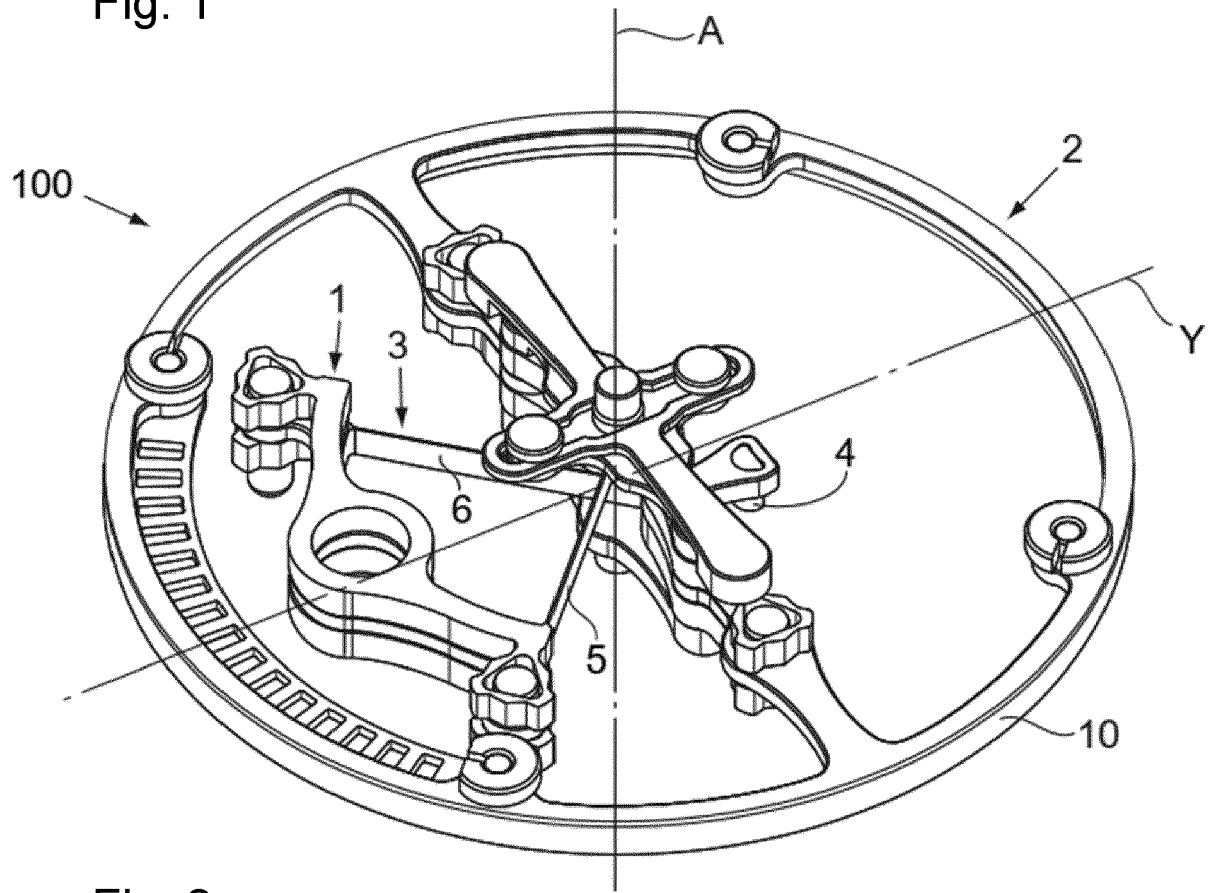


Fig. 2

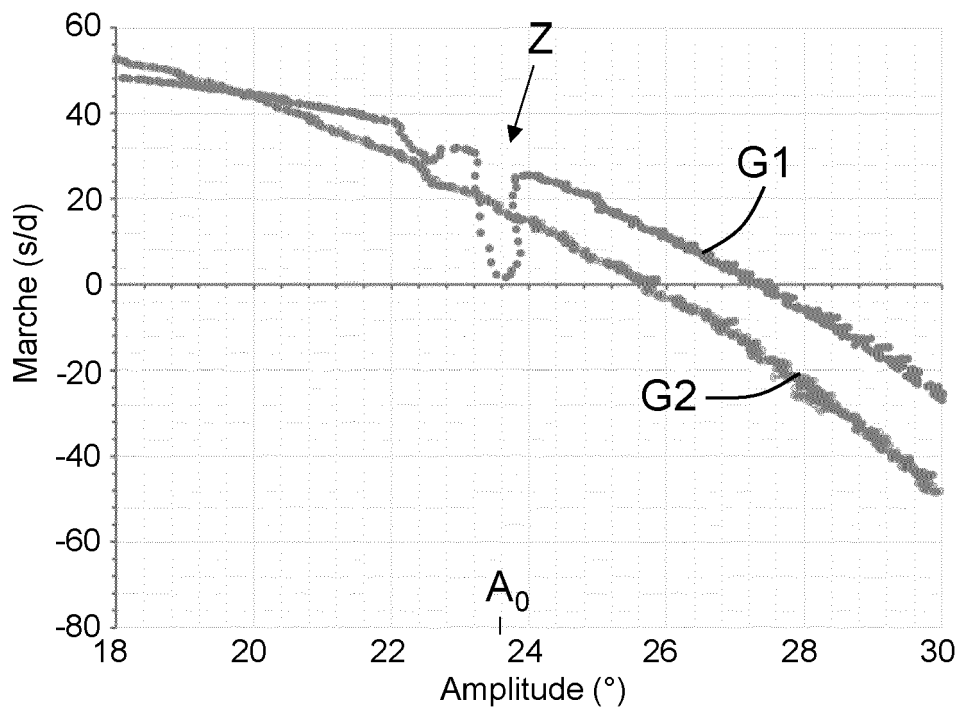


Fig. 3

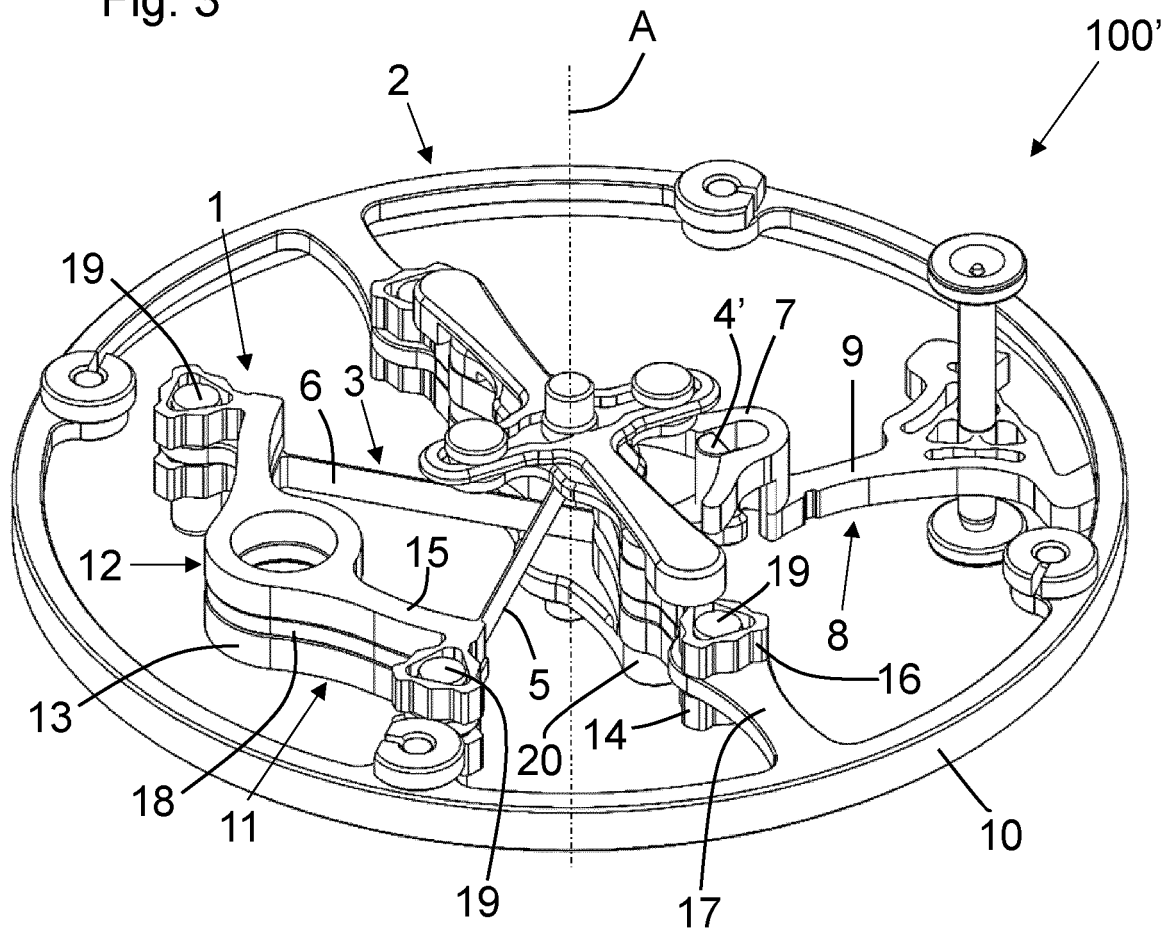


Fig. 4

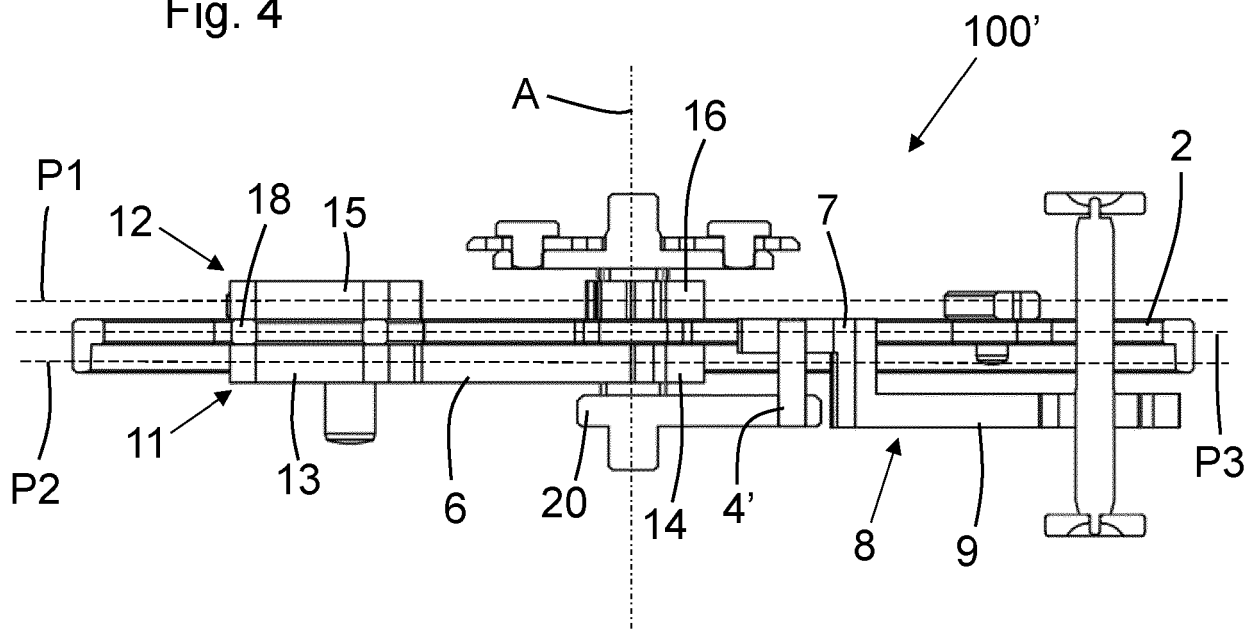


Fig. 5

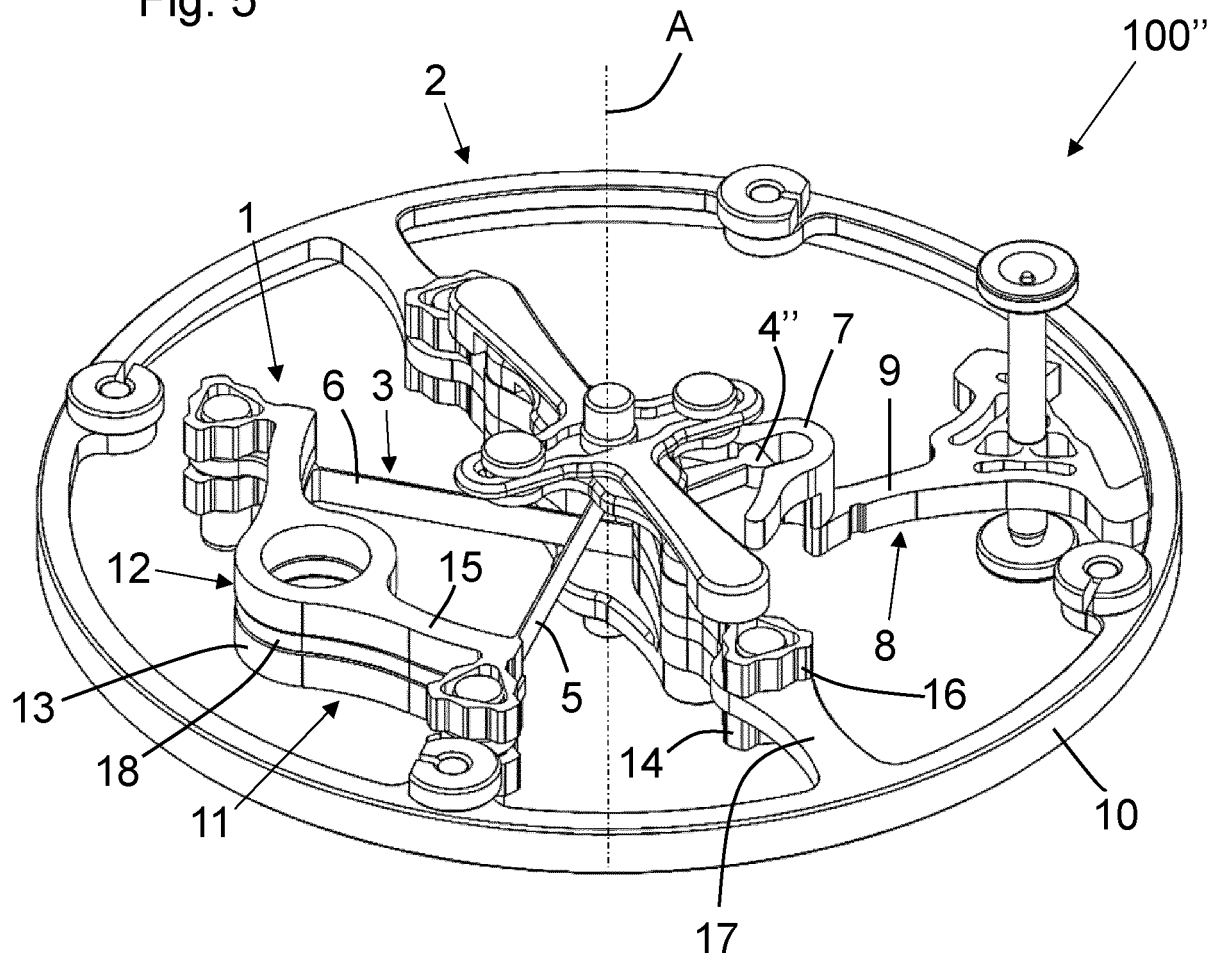


Fig. 6

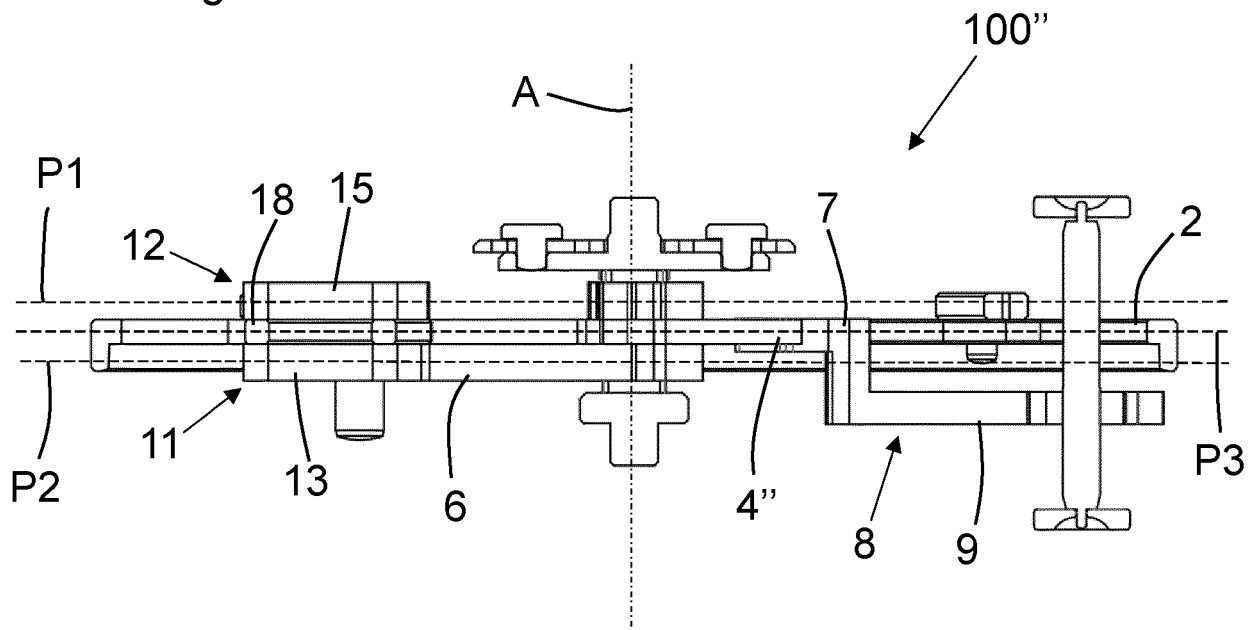


Fig. 7

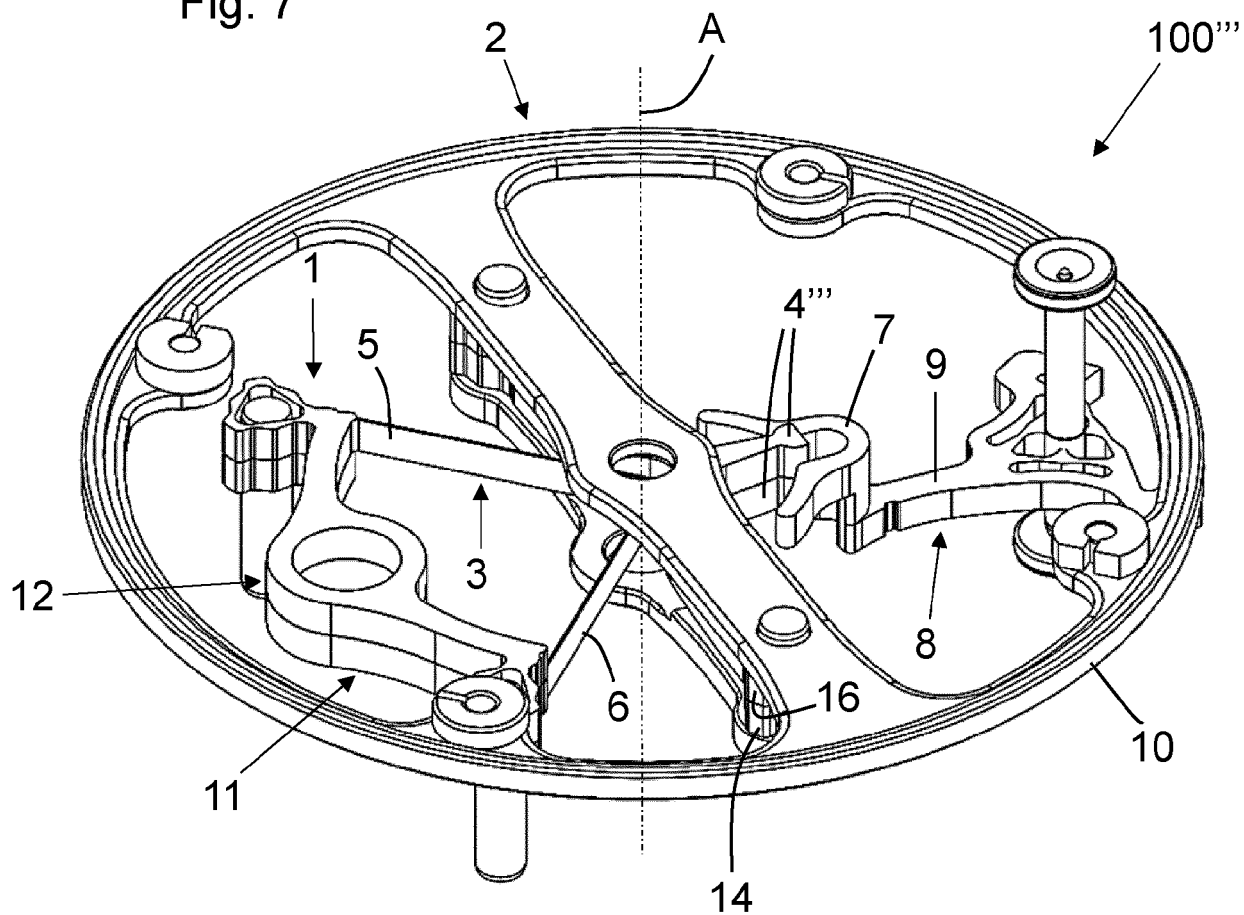
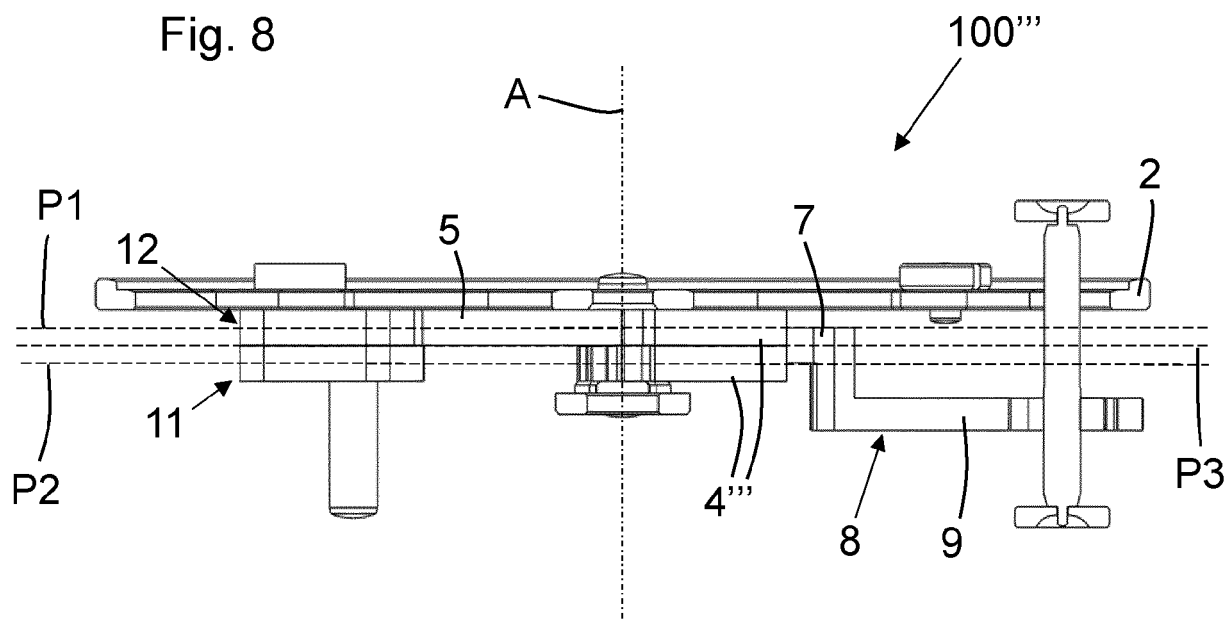


Fig. 8







## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 22 17 6929

## DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie                                                                                                                                                                                                                           | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes                                                                                 | Revendication concernée                                                                                                                                                                                                                                         | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| A,D                                                                                                                                                                                                                                 | EP 3 936 946 A1 (PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH]) 12 janvier 2022 (2022-01-12)<br>* alinéas [0012] - [0033]; figures 1-2 *                                        | 1-11                                                                                                                                                                                                                                                            | INV.<br>G04B17/04<br>G04B15/06<br>G04B15/14 |
| A,D                                                                                                                                                                                                                                 | EP 3 502 784 A1 (PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH]) 26 juin 2019 (2019-06-26)<br>* alinéas [0010] - [0035]; figures 1,4-8 *                                         | 1-11                                                                                                                                                                                                                                                            |                                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | CH 712 958 B1 (CSEM CT SUISSE DELECTRONIQUE MICROTECHNIQUE SA RECH DEVELOPPEMENT [CH]) 15 janvier 2021 (2021-01-15)<br>* alinéas [0014] - [0051]; figures 4-9 * | 1-11                                                                                                                                                                                                                                                            |                                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | DE 201 823 C (HUGO PRAHL) 17 septembre 1908 (1908-09-17)<br>* page 1, lignes 1-50; figures 1,2 *                                                                | 1-11                                                                                                                                                                                                                                                            |                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)        |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                 | G04B                                        |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                             |
| Lieu de la recherche                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                 | Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                               | Examineur                                   |
| La Haye                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                 | 24 octobre 2022                                                                                                                                                                                                                                                 | Cavallin, Alberto                           |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                             |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |                                                                                                                                                                 | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>& : membre de la même famille, document correspondant |                                             |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 22 17 6929

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

24-10-2022

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| <b>EP 3936946 A1</b>                            | <b>12-01-2022</b>      | <b>EP 3936946 A1</b>                    | <b>12-01-2022</b>      |
|                                                 |                        | <b>WO 2022009102 A1</b>                 | <b>13-01-2022</b>      |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| <b>EP 3502784 A1</b>                            | <b>26-06-2019</b>      | <b>AUCUN</b>                            |                        |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| <b>CH 712958 B1</b>                             | <b>15-01-2021</b>      | <b>AUCUN</b>                            |                        |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| <b>DE 201823 C</b>                              | <b>17-09-1908</b>      | <b>AUCUN</b>                            |                        |
| -----                                           |                        |                                         |                        |

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- EP 2911012 A [0004] [0022]
- EP 2998800 A [0004] [0022]
- EP 3382470 A [0004] [0022]
- EP 3839651 A [0004]
- EP 3410229 A [0004] [0022]
- EP 3502784 A [0004] [0020]
- US 20200033804 A [0004] [0022]
- WO 2016096677 A [0004]
- WO 2017055983 A [0004]
- WO 2018109584 A [0004]
- WO 2022009102 A [0004] [0009]