



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**27.06.2012 Bulletin 2012/26**

(51) Int Cl.:  
**G04B 13/02** (2006.01) **G04B 15/14** (2006.01)  
**G04B 17/32** (2006.01) **G04B 17/34** (2006.01)  
**G04D 1/00** (2006.01) **B81C 3/00** (2006.01)  
**G04D 3/04** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10196597.8**

(22) Date de dépôt: **22.12.2010**

(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**

- **Verardo, Marco**  
2336, Les Bois (CH)
- **Saglini, Igor**  
2063, Fénin (CH)
- **Kohler, Frédéric**  
1752, Villars-sur-Glâne (CH)

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

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

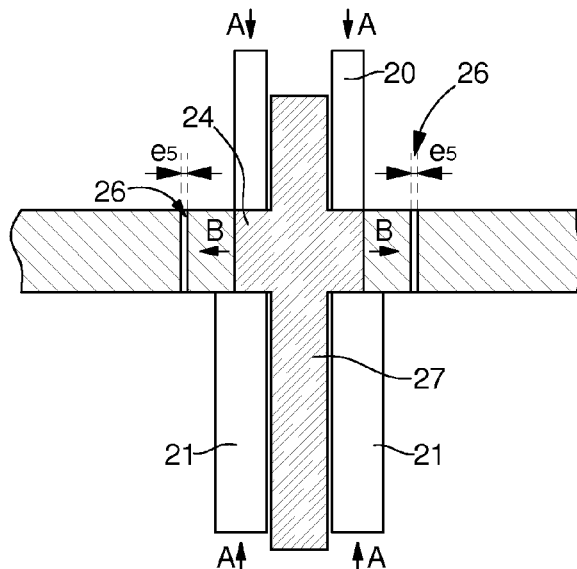
(72) Inventeurs:  
• **Conus, Thierry**  
**2543, Lengnau (CH)**

(54) **Assemblage d'une pièce ne comportant pas de domaine plastique**

(57) L'invention se rapporte à un assemblage (2, 12, 22, 62) d'un organe (7, 17, 27, 67) s'étendant axialement en un premier matériau dans l'ouverture (8, 18, 28, 68) d'une pièce (1, 3, 61) en un deuxième matériau ne comportant pas de domaine plastique. Selon l'invention, la pièce (1, 3, 61) comporte des ajourages (6, 16, 26, 26', 26'', 46, 46', 66) formant des moyens de déformations élastiques distribués autour de son ouverture (8,

18, 28, 68). De plus, ledit organe (7, 17, 27, 67) comporte une partie (4, 14, 24, 64) déformée élastiquement et plastiquement qui serre radialement (B) la paroi de ladite pièce entourant l'ouverture (8, 18, 28, 68) en sollicitant lesdits moyens de déformation élastique pour solidariser l'assemblage (2, 12, 22, 62) de manière non destructive pour ladite pièce.

L'invention concerne notamment le domaine des pièces d'horlogerie.



**Fig. 11**

## Description

### Domaine de l'invention

**[0001]** L'invention se rapporte à un assemblage d'une pièce dont le matériau ne comporte pas de domaine plastique avec un organe comportant un autre type de matériau.

### Arrière plan de l'invention

**[0002]** Les assemblages actuels comportant une pièce à base de silicium sont généralement solidarisés par collage. Une telle opération nécessite une extrême finesse d'application ce qui la rend coûteuse.

### Résumé de l'invention

**[0003]** Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie les inconvénients cités précédemment en proposant un assemblage sans colle capable de solidariser une pièce dont le matériau ne comporte pas de domaine plastique avec un organe comportant un matériau ductile comme, par exemple, un métal ou un alliage métallique.

**[0004]** A cet effet, l'invention se rapporte à un assemblage d'un organe s'étendant axialement en un premier matériau dans l'ouverture d'une pièce en un deuxième matériau ne comportant pas de domaine plastique caractérisé en ce que la pièce comporte des ajourages formant des moyens de déformations élastiques distribués autour de son ouverture et en ce que ledit organe comporte une partie déformée élastiquement et plastiquement qui serre radialement la paroi de ladite pièce entourant l'ouverture en sollicitant lesdits moyens de déformation élastique pour solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.

**[0005]** Cette configuration permet avantageusement de solidariser l'ensemble pièce - partie intermédiaire - organe sans collage avec un organe habituel à la précision maîtrisée tout en garantissant que la pièce ne subisse pas d'efforts destructifs même si elle est formée, par exemple, à partir de silicium.

**[0006]** Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention :

- la paroi externe de la partie déformée est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture de la pièce afin d'exercer une contrainte radiale sensiblement uniforme sur la paroi de la pièce entourant ladite ouverture ;
- l'ouverture de la pièce est circulaire ;
- l'ouverture de la pièce est asymétrique afin d'éviter les déplacements relatifs entre les éléments dudit assemblage ;
- les ajourages sont formés à distance et autour de l'ouverture par deux séries de trous en forme de losange distribuées en quinconce afin de former des

- poutres réparties en V sécants ;
- les ajourages comportent, entre les deux premières séries et l'ouverture, une troisième série qui est formée de trous en forme de triangle et distribuée en quinconce avec l'une des deux premières séries afin de former des poutres réparties en X sécants ;
- la pièce comporte des fentes permettant de faire communiquer la troisième série de trous avec l'ouverture ;
- les ajourages sont formés à distance et autour de l'ouverture par une première série de trous oblongues distribuée en quinconce avec une deuxième série de trous de forme triangulaire, la deuxième série étant la plus proche de l'ouverture, chaque trou de forme triangulaire communiquant avec l'ouverture par une entaille afin de former des poutres mobiles radialement selon l'épaisseur des trous oblongues ;
- les ajourages comportent une troisième série de trous en forme de triangle, chaque trou de la troisième série étant distribué entre deux trous de forme triangulaire de la deuxième série et communiquant avec l'ouverture par une fente afin de former des poutres à deux bras indépendants mobiles radialement selon l'épaisseur des trous oblongues et tangentiuellement selon l'épaisseur des fentes ;
- les séries de trous s'étendent sur une largeur comprise entre 100  $\mu$ m et 500  $\mu$ m à partir de la paroi de la pièce entourant l'ouverture ;
- l'ouverture comporte une section comprise entre 0,5 et 2 mm.

**[0007]** De plus, l'invention se rapporte à une pièce d'horlogerie caractérisée en ce qu'elle comporte un assemblage selon l'une des variantes précédentes.

**[0008]** Enfin, l'invention se rapporte à un procédé d'assemblage d'un organe en un premier matériau dans une pièce en un deuxième matériau ne comprenant pas de domaine plastique, ledit procédé comportant les étapes suivantes :

- a) former la pièce avec une ouverture et des ajourages distribués autour de l'ouverture destinés à former des moyens de déformation élastique ;
- b) introduire sans contrainte, dans l'ouverture, une partie dudit organe ;
- c) déformer élastiquement et plastiquement la partie dudit organe dans l'ouverture par rapprochement de deux outils afin d'exercer une contrainte radiale contre la paroi de la pièce entourant l'ouverture en sollicitant lesdits moyens de déformation élastique de la pièce afin de solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.

**[0009]** Ce procédé permet avantageusement de solidariser radialement l'organe et la pièce sans qu'aucun effort axial ne soit appliqué sur la pièce. En effet, de manière avantageuse selon l'invention, seule une déforma-

tion élastique radiale est appliquée sur la pièce. Enfin, un tel procédé permet de solidariser l'ensemble pièce - partie intermédiaire - organe en s'adaptant aux dispersions de fabrication des différents constituants.

**[0010]** Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention :

- la paroi externe de la partie dudit organe dans l'ouverture est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture de la pièce afin d'exercer une contrainte radiale sensiblement uniforme sur la paroi de la pièce entourant l'ouverture ;
- l'ouverture de la pièce est circulaire ;
- l'ouverture de la pièce est asymétrique afin d'éviter les déplacements relatifs entre les éléments dudit assemblage ;
- lors de l'étape b), la différence entre la section de l'ouverture circulaire et la section externe de la partie dudit organe dans l'ouverture est d'environ 10  $\mu\text{m}$  ;
- lors de l'étape c), la déformation exerce un serrage compris entre 8 et 20  $\mu\text{m}$  ;
- lors des étapes b) et c), la partie de l'organe dans l'ouverture est maintenue dans l'ouverture à l'aide d'un des deux outils ;
- le deuxième matériau est formé à base de silicium ;
- le premier matériau est formé à base de métal ou d'alliage métallique ;
- la pièce peut être, par exemple, un mobile d'horlogerie, une ancre d'horlogerie, un spiral d'horlogerie, un résonateur ou encore un MEMS.

#### Description sommaire des dessins

**[0011]** D'autres particularités et avantages ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique partielle d'un mouvement horloger comportant trois assemblages selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue schématique partielle d'un spiral horloger comportant un quatrième assemblage selon l'invention ;
- les figures 3 à 6 sont des vues de variantes selon un premier mode de réalisation de moyens de déformation élastique selon l'invention ;
- les figures 7 et 8 sont des vues de variantes selon un deuxième mode de réalisation de moyens de déformation élastique selon l'invention ;
- les figures 9 à 11 sont des représentations schématiques d'étapes successives du procédé d'assemblage selon l'invention.

#### Description détaillée des modes de réalisation préférés

**[0012]** Comme expliqué ci-dessus, l'invention se rapporte à un assemblage et son procédé destinés à soli-

dariser un matériau fragile, c'est-à-dire ne comportant pas de domaine plastique comme un matériau à base de silicium, avec un matériau ductile comme un métal ou un alliage métallique.

5 **[0013]** Cet assemblage a été imaginé pour des applications dans le domaine horloger. Toutefois, d'autres domaines peuvent parfaitement être imaginés comme notamment l'aéronautique, la bijouterie, l'automobile ou les arts de la table.

10 **[0014]** Dans le domaine horloger, cet assemblage est rendu nécessaire par la part croissante que tiennent les matériaux fragiles comme ceux à base de silicium, de quartz, de corindon ou plus généralement de céramique. On peut à titre d'exemple envisager de former le spiral, le balancier, l'ancre, les ponts ou même les mobiles comme les roues d'échappement totalement ou partiellement à base de matériaux fragiles.

15 **[0015]** Toutefois, le fait de toujours pouvoir utiliser des axes habituels en acier dont la fabrication est maîtrisée, est une contrainte qui est difficile à concilier avec l'utilisation de pièces ne comportant pas de domaine plastique. En effet, lors de tests effectués, le chassage d'un axe en acier est impossible et brise systématiquement les pièces fragiles, c'est-à-dire ne comportant pas de domaine plastique. Par exemple, il est apparu que le cisaillement généré par l'entrée de l'axe métallique dans l'ouverture d'une pièce en silicium brise systématique cette dernière.

20 **[0016]** C'est pourquoi, l'invention se rapporte à un assemblage entre un organe en un premier matériau, par exemple ductile comme l'acier, dans l'ouverture d'une pièce en un deuxième matériau ne comportant pas de domaine plastique, comme un matériau à base de silicium, par déformation d'une partie de l'organe qui est montée dans l'ouverture de ladite pièce.

25 **[0017]** Selon l'invention, ledit organe comporte une partie déformée élastiquement et plastiquement qui serre radialement la paroi de ladite pièce entourant l'ouverture en sollicitant lesdits moyens de déformation élastique pour solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.

30 **[0018]** De plus, de manière préférée, la paroi externe de la partie de l'organe présente dans l'ouverture est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture de la pièce afin d'exercer une contrainte radiale sensiblement uniforme sur la paroi de la pièce entourant ladite ouverture. En effet, lors des recherches effectuées, il est apparu préférable que la partie de l'organe présente dans l'ouverture répartisse de manière uniforme les contraintes radiales induites par sa déformation sur la paroi de la pièce entourant l'ouverture.

35 **[0019]** Par conséquent, si l'ouverture dans la pièce fragile est circulaire, il est préférable que la paroi externe de la partie de l'organe présente dans l'ouverture soit en forme sensiblement de cylindre continu, c'est-à-dire sans fente radiale ou ajourage axial, est rendu préférable pour éviter les contraintes localisées sur une partie de la paroi de la pièce entourant l'ouverture qui sont propres à amor-

cer des points de rupture.

**[0020]** Cette interprétation justifie également la non-utilisation d'une rondelle sur la partie supérieure ou inférieure de la partie de l'organe présente dans l'ouverture. En effet, lors de la déformation, une telle rondelle transmet une partie de l'effort axial de déformation sur le dessus (ou le dessous) de la pièce fragile. Dès lors, le cisaillement exercé notamment par les bords de la rondelle sur le dessus (ou le dessous) de la pièce fragile engendre de la même manière des contraintes localisées propres à amorcer des points de rupture.

**[0021]** Par conséquent, la partie de l'organe présente dans l'ouverture avec une forme correspondante à l'ouverture peut s'interpréter, si la section de l'ouverture est circulaire, comme un disque plein dont la paroi externe est continue, c'est-à-dire sans rainure ou plus généralement de discontinuité de matière. La forme correspondante de la partie de l'organe présente dans l'ouverture permet donc, par déformation élastique et plastique, de générer uniquement une contrainte radiale sensiblement uniforme sur une surface maximisée de la paroi de la pièce autour de l'ouverture.

**[0022]** Enfin, selon l'invention, la pièce comporte des ajourages formant des moyens de déformation élastique qui sont distribués autour et à distance de son ouverture et qui sont destinés à absorber lesdits efforts radiaux pour les restituer une fois la contrainte des outils relâchée afin de, au final, solidariser l'assemblage de manière non destructive pour ladite pièce.

**[0023]** L'assemblage selon l'invention sera mieux compris en relation avec les figures 1 à 8 présentant des exemples d'applications dans le domaine de l'horlogerie. On peut voir à la figure 1, un système d'échappement horloger comportant une ancre 1 et une roue d'échappement 3 et à la figure 2, un spiral 61.

**[0024]** Dans le cas de la figure 1, l'ancre 1 à titre d'exemple comporte deux assemblages 2, 12 selon l'invention destinés respectivement à solidariser le dard 7 et l'organe, ici un axe de pivotement 17, avec sa baguette 5. Comme visible à la figure 1, chaque assemblage 2, 12 comporte une partie 4, 14 discoïdale venue de forme avec le dard 7 ou l'organe 17 et coopérant avec la baguette 5 de l'ancre 1. De plus, chaque assemblage 2, 12 comporte des ajourages 6, 16 réalisés dans la baguette 5 autour d'une ouverture 8, 18 et qui sont destinés à former des moyens de déformation élastique. On comprend donc que l'assemblage 2, 12 est suffisamment résistant pour ne pas générer de mouvements relatifs entre ses constituants.

**[0025]** La roue d'échappement 3, et plus généralement le mobile 3, comporte, à titre d'exemple, un assemblage 22 destiné respectivement à solidariser l'organe, ici un axe de pivotement 27, avec le corps 25 de la roue 3. Comme visible à la figure 1, l'assemblage 22 comporte une partie 24 discoïdale venue de forme avec l'organe 27 et coopérant avec le corps 25 de la roue 3. De plus, l'assemblage 22 comporte des ajourages 26 réalisés dans le moyeu autour d'une ouverture 28 de la roue 3 et

qui sont destinés à former des moyens de déformation élastique.

**[0026]** On comprend donc immédiatement que l'exemple de l'assemblage 22 peut s'appliquer à tout type de mobile. De plus, l'organe 27 peut comporter, en plus de la partie 24, en une seule pièce un pignon afin de former le mobile fini.

**[0027]** Comme illustré à la figure 2, il est possible de fixer un spiral 61 sur un organe, ici un axe de balancier 67, à l'aide d'un assemblage 62 selon l'invention. Des ajourages 66 sont formés dans le moyeu 63 du spiral 61 et une partie 64 discoïdale venue de forme avec l'organe 67 est montée dans l'ouverture 68 du moyeu 63, de manière similaire aux explications ci-dessus.

**[0028]** Des exemples d'ajourages sont présentés aux figures 3 à 8. Selon un premier mode de réalisation illustré aux figures 3 à 6, les ajourages sont formés à distance et autour de l'ouverture par deux séries de trous en forme de losange distribuées en quinconce afin de former des poutres réparties en V sécants.

**[0029]** La figure 3 est une représentation des ajourages 6, 16, 26, 66 des figures 1 et 2. Pour plus de simplicité seules les références de la roue 3 sont reprises à la figure 3. Cette dernière montre des ajourages 26 qui, préférentiellement, traversent totalement l'épaisseur du corps 25 en matériau fragile. Les ajourages 26 sont distribués à distance et autour de l'ouverture 28 formée, de manière préférée, également totalement traversant dans l'épaisseur du corps 25 en matériau fragile.

**[0030]** Comme visible à la figure 3, les ajourages 26 forment une première série de trous 31, les plus éloignés de l'ouverture 28, et une deuxième série de trous 33 qui sont en forme de losange et distribuées en quinconce. On s'aperçoit à la figure 3 que les ajourages 31, 33 forment ainsi des poutres 32 en forme de V qui sont sécantes entre elles.

**[0031]** Dans une première variante du premier mode de réalisation illustrée à la figure 4, les ajourages 26' reprennent les première et deuxième séries de trous 31, 33 avec, en plus, une troisième série qui, formée de trous 35 en forme de triangle, est située entre les deux premières séries et l'ouverture 28, c'est-à-dire la plus proche de l'ouverture 28. Comme visible à la figure 4, la troisième série de trous 35 est distribuée en quinconce avec l'une 33 des deux premières séries afin de former des poutres 34 réparties en X sécants.

**[0032]** Dans une deuxième variante du premier mode de réalisation illustrée à la figure 5, les ajourages 26" reprennent les ajourages 26' de la figure 4 avec, en plus, des fentes 36 permettant de faire communiquer la troisième série de trous 35 avec l'ouverture 28.

**[0033]** Avantagusement selon l'invention, les séries de trous 31, 33 et 35 et les fentes 36 sont utilisés pour former des moyens de déformation élastique aptes à absorber des contraintes radiales, c'est-à-dire des efforts exercés du centre de l'ouverture 28 vers la paroi du corps 25 entourant ladite ouverture circulaire.

**[0034]** Bien entendu, les deux ou trois séries peuvent

être plus ou moins rapprochées les unes des autres et/ou de formes différentes et/ou de dimensions différentes en fonction du débattement maximal souhaité et de la contrainte voulue pour déformer les poutres 32, 34.

**[0035]** A titre d'exemple, une alternative de la figure 5 est présentée à la figure 6. On peut voir que les ajourages 26''' sont similaires à ceux 26'' de la figure 5, toutefois, les trois séries de trous sont plus espacées les unes des autres. De plus, il est visible que les formes et dimensions aussi bien des trous que des fentes sont différentes. On comprend donc que l'alternative de la figure 6 modifie la rigidité des moyens de déformations élastiques dans la matière fragile.

**[0036]** Préférentiellement, les ajourages 26, 26', 26'', 26''' s'étendent sur une largeur comprise entre 100  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$  à partir de la paroi du corps 25 entourant l'ouverture 28. De plus, les fentes 36 sont comprises entre 15  $\mu\text{m}$  et 40  $\mu\text{m}$ . Enfin, de manière préférée, la section de l'ouverture 28 est comprise entre 0,5 et 2 mm.

**[0037]** Selon un deuxième mode de réalisation illustré aux figures 7 et 8, les ajourages sont formés à distance et autour de l'ouverture par une première série de trous oblongues distribuée en quinconce avec une deuxième série de trous de forme triangulaire, la deuxième série étant la plus proche de l'ouverture circulaire, chaque trou de forme triangulaire communiquant avec l'ouverture par une entaille afin de former des poutres mobiles radialement selon l'épaisseur des trous oblongues.

**[0038]** Ainsi, la figure 7 montre des ajourages 46 qui, préférentiellement, traversent totalement l'épaisseur du corps 25 en matériau fragile. Les ajourages 46 sont distribués à distance et autour de l'ouverture 28 formée, de manière préférée, également totalement traversant dans l'épaisseur du corps 25 en matériau fragile.

**[0039]** Comme visible à la figure 7, les ajourages 46 forment une première série de trous oblongues 51 et une deuxième série de trous 53 de forme triangulaire. Selon le deuxième mode de réalisation, les deux séries de trous 51, 53 sont distribuées en quinconce.

**[0040]** De plus, chaque trou 53 de forme triangulaire communique avec l'ouverture 28 par une entaille 57. On s'aperçoit à la figure 7 que les ajourages 46 forment ainsi des poutres 52 sensiblement en forme de trapèze qui sont séparées entre elles par les entailles 57. On remarque également que chaque poutre 52 est centrée sur un trou oblongue 51 ce qui rend chaque poutre 52 mobile radialement selon l'épaisseur d'un trou oblongue 51.

**[0041]** Dans une variante du deuxième mode de réalisation illustrée à la figure 8, les ajourages 46' reprennent les ajourages 46 de la figure 7 avec, en plus, une troisième série de trous 55 en forme de triangle. De plus, chaque trou 55 de la troisième série est distribué entre deux trous 53 de forme triangulaire de la deuxième série et communique avec l'ouverture 28 par une fente 56. Les ajourages 46' forment ainsi des poutres 54 à deux bras indépendants symétriques et sensiblement en forme de L qui sont mobiles radialement selon l'épaisseur des trous 51 oblongues et tangentiellement selon l'épaisseur

des fentes 56 et des entailles 57.

**[0042]** Bien entendu, comme pour le premier mode de réalisation, les deux ou trois séries peuvent être plus ou moins rapprochées les unes des autres et/ou de formes différentes et/ou de dimensions différentes en fonction du débattement maximal souhaité et de la contrainte voulue pour déformer les poutres 52, 54.

**[0043]** Préférentiellement, les ajourages 46, 46' s'étendent sur une largeur comprise entre 100  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$  à partir de la paroi du corps 25 entourant l'ouverture 28. De plus, les fentes 56 et les entailles 57 sont comprises entre 15  $\mu\text{m}$  et 40  $\mu\text{m}$ . Enfin, de manière préférée, la section de l'ouverture 28 est comprise entre 0,5 et 2 mm.

**[0044]** Le procédé d'assemblage va maintenant être expliqué en relation avec les figures schématiques 9 à 11. Pour plus de simplicité, seules les références de la roue 3 sont reprises aux figures 9 à 11. Selon l'invention, une première étape consiste à former la pièce 3 en un matériau n'ayant pas de domaine plastique avec une ouverture 28 et des ajourages 26 distribués autour de l'ouverture 28 destinés à former des moyens de déformation élastique selon, par exemple, les modes de réalisation expliqués ci-dessus. Comme visible à la figure 9, l'ouverture 28 comporte une section  $e_1$  et les ajourages 26 comprennent notamment des trous de section  $e_2$ .

**[0045]** Une telle étape peut être réalisée par gravage sous forme sèche ou humide comme, par exemple, un gravage ionique réactif profond (également connu sous l'abréviation anglaise « DRIE »).

**[0046]** De plus, dans une deuxième étape, le procédé consiste à former l'organe, un axe de pivotement 27 dans l'exemple des figures 9 à 11, en un deuxième matériau avec une section principale  $e_3$  et une partie 24 destinée à être déformée avec une section maximale  $e_4$ . La partie 24 peut comporter une épaisseur comprise entre 100 et 300  $\mu\text{m}$ . Comme expliqué ci-dessus, la deuxième étape peut être réalisée selon les processus habituels de fabrication d'axes. L'organe 27 est préférentiellement métallique et peut, par exemple, être formé en acier.

**[0047]** Bien entendu, les deux premières étapes n'ont pas de consécuité à respecter et peuvent même être réalisées en même temps.

**[0048]** Dans une troisième étape, la partie 24 est introduite sans contact dans l'ouverture 28. Cela signifie comme visible à la figure 10 que la section  $e_1$  de l'ouverture 28 est plus grande ou égale à la section externe  $e_4$  de la partie 24 de l'organe 27.

**[0049]** De manière préférée, la différence entre la section  $e_1$  de l'ouverture 28 et la section externe  $e_4$  de la partie 24 est d'environ 10  $\mu\text{m}$ , c'est-à-dire un interstice d'environ 5  $\mu\text{m}$  qui sépare le corps 25 de la pièce 3 par rapport à la partie 24 de l'organe 27.

**[0050]** De plus, préférentiellement selon l'invention, la partie 24 et, incidemment, l'organe 27, est maintenue dans l'ouverture 28 à l'aide d'un 21 des outils utilisés pour l'étape de déformation. Enfin, de manière préférée, l'outil 21 comporte un évidement 29 destiné à recevoir

une partie de l'organe 27.

**[0051]** Enfin, le procédé comporte une quatrième étape consistant à déformer élastiquement et plastiquement la partie 24 de l'organe 27 par rapprochement des outils 20, 21 selon la direction axiale A afin d'exercer une contrainte radiale B uniforme contre la paroi de la pièce entourant l'ouverture 28 en sollicitant les moyens de déformation élastique de la pièce 3, c'est-à-dire les ajourages 26.

**[0052]** Ainsi, comme visible à la figure 11, le pressage de la partie 24 déformée au niveau de ses parties supérieure et inférieure respectivement par l'outil 20 et 21 selon la direction axiale A va induire une déformation élastique et plastique de la partie 24 de manière exclusivement radiale selon la direction B, c'est-à-dire vers le corps 25.

**[0053]** De manière préférée selon l'invention, la déformation est paramétrée afin que le serrage soit supérieur à l'interstice entre la partie 24 non déformée et la paroi du corps 25 entourant l'ouverture 28. Préférentiellement, le serrage est compris entre 8 et 20  $\mu\text{m}$ .

**[0054]** Par conséquent, il est voulu que la déformation élastique et plastique de la partie 24 exerce la déformation élastique du corps 25 autour de l'ouverture 28 afin de solidariser ensemble l'organe 27 et donc sa partie 24 déformée, avec le corps 25 de la roue 3 comme visible à la figure 11. Il est à noter que ce mode de réalisation autorise notamment un centrage automatique de l'ensemble organe 27 - corps 25. A ce titre, à la figure 11, on remarque que les ajourages 26 comportent une section référencée  $e_5$  et non plus  $e_2$ .

**[0055]** Avantageusement selon l'invention, il est possible de solidariser l'organe 27 de n'importe quel côté du corps 25 de la roue 3. De plus, aucun effort axial (par définition risquant d'être destructif) n'est appliqué sur le corps 25 de la roue 3 pendant le procédé. Seule une déformation élastique radiale est appliquée sur le corps 25. Il est également à noter que, préférentiellement, l'utilisation de la partie 24 permet, lors de la déformation radiale B de la partie 24, d'exercer une contrainte uniforme sur une surface maximisée de la paroi du corps 25 autour de l'ouverture 28 afin d'éviter tout amorces de rupture de la roue 3 en matériau fragile et s'adapter aux dispersions de fabrication des différents éléments.

**[0056]** Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à l'exemple illustré mais est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, les ajourages de la pièce en matériau fragile peuvent comporter plus ou moins de série de trous que les modes de réalisation présentés ci-dessus. De plus, les modes de réalisation présentés sont susceptibles d'être combinés entre eux suivant les applications prévues.

**[0057]** La partie 24 peut également comporter une géométrie différente afin d'optimiser ou « programmer » la déformation vers le corps 25. Il peut être, par exemple, envisagé de minimiser ou augmenter localement l'épaisseur de la partie 24 afin de privilégier un sens de défor-

mation par rapport à l'autre selon la direction B.. A titre d'exemple, il est ainsi envisageable de réaliser un évitement conique et coaxial par rapport l'organe 27 afin de faciliter l'orientation radiale B mais également rendre la contrainte induite progressive.

**[0058]** Les figures 1 et 2 présentent des applications pour un système d'échappement tel que l'ancre 1 et la roue d'échappement 3 ou un spiral 61 d'un mouvement horloger. Bien entendu, le présent assemblage 2, 12, 22, 62 peut être appliqué à d'autres éléments. On peut, de manière non exhaustive, envisager de former un balancier, un pont ou plus généralement un mobile à l'aide d'un assemblage 2, 12, 22, 62 comme expliqué ci-dessus.

**[0059]** Il est également possible d'utiliser l'assemblage 2, 12, 22, 62 en remplacement des moyens de déformation élastique 48 ou des cylindres 63, 66 du document WO 2009/115463 (lequel est incorporé par référence à la présente description) afin de fixer un résonateur du type balancier - spiral monobloc sur un axe de pivotement.

**[0060]** Bien entendu, deux pièces telles que décrites ci-dessus peuvent également être assujettis sur le même axe à l'aide de deux assemblages distincts 2, 12, 22, 62 afin de solidariser leur mouvement respectif. On comprend alors que le même axe sera formé avec deux parties 4, 14, 24, 64 destinées à être déformées.

**[0061]** Enfin, l'assemblage 2, 12, 22, 62 selon l'invention peut également permettre la solidarisation de tout type d'organe horloger ou non dont le corps est formé d'un matériau ne comportant pas de domaine plastique (silicium, quartz, etc.) avec un axe comme, par exemple, un résonateur du type diapason ou plus généralement un MEMS (acronyme provenant des termes anglais « Micro-Electro-Mechanical System »).

## Revendications

1. Assemblage (2, 12, 22, 62) d'un organe (7, 17, 27, 67) s'étendant axialement en un premier matériau dans l'ouverture (8, 18, 28, 68) d'une pièce (1, 3, 61) en un deuxième matériau ne comportant pas de domaine plastique **caractérisé en ce que** la pièce (1, 3, 61) comporte des ajourages (6, 16, 26, 26', 26'', 26''', 46, 46', 66) formant des moyens de déformations élastiques distribués autour de son ouverture (8, 18, 28, 68) et **en ce que** ledit organe (7, 17, 27, 67) comporte une partie (4, 14, 24, 64) déformée élastiquement et plastiquement qui serre radialement (B) la paroi de ladite pièce entourant l'ouverture (8, 18, 28, 68) en sollicitant lesdits moyens de déformation élastique pour solidariser l'assemblage (2, 12, 22, 62) de manière non destructive pour ladite pièce.
2. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la paroi externe

- de la partie (4, 14, 24, 64) déformée est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture (8, 18, 28, 68) de la pièce (1, 3, 61) afin d'exercer une contrainte radiale (B) sensiblement uniforme sur la paroi de la pièce (1, 3, 61) entourant ladite ouverture.
- 5
3. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'ouverture (8, 18, 28, 68) de la pièce (1, 3, 61) est circulaire.
- 10
4. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'ouverture (8, 18, 28, 68) de la pièce (1, 3, 61) est asymétrique afin d'éviter les déplacements relatifs entre les éléments dudit assemblage.
- 15
5. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les ajourages (6, 16, 26, 26', 26'', 26''', 66) sont formés à distance et autour de l'ouverture (8, 18, 28, 68) par deux séries de trous (31, 33) en forme de losange distribuées en quinconce afin de former des poutres (32) réparties en V sécants.
- 20
6. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** les ajourages (26', 26'', 26''') comportent, entre les deux premières séries (31, 33) et l'ouverture (8, 18, 28, 68), une troisième série qui est formée de trous (35) en forme de triangle et distribuée en quinconce avec l'une (33) des deux premières séries afin de former des poutres (34) réparties en X sécants.
- 25
7. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la pièce (1, 3, 61) comporte des fentes (36) permettant de faire communiquer la troisième série de trous (35) avec l'ouverture (8, 18, 28, 68).
- 30
8. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les ajourages (46, 46') sont formés à distance et autour de l'ouverture (8, 18, 28, 68) par une première série de trous (51) oblongues distribuée en quinconce avec une deuxième série de trous (53) de forme triangulaire, la deuxième série (53) étant la plus proche de l'ouverture (8, 18, 28, 68), chaque trou (53) de forme triangulaire communiquant avec l'ouverture (8, 18, 28, 68) par une entaille (57) afin de former des poutres (52) mobiles radialement selon l'épaisseur des trous oblongues (51).
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- avec l'ouverture (8, 18, 28, 68) par une fente (56) afin de former des poutres (54) à deux bras indépendants mobiles radialement selon l'épaisseur des trous oblongues (51) et tangentiellement selon l'épaisseur des fentes (56).
10. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les séries de trous (31, 33, 35, 51, 53, 55) s'étendent sur une largeur comprise entre 100  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$  à partir de la paroi de la pièce (1, 3, 61) entourant l'ouverture (8, 18, 28, 68).
11. Assemblage (2, 12, 22, 62) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'ouverture (8, 18, 28, 68) comporte une section comprise entre 0,5 et 2 mm.
12. Pièce d'horlogerie **caractérisée en ce qu'elle** comporte au moins un assemblage (2, 12, 22, 62) selon l'une des revendications précédentes.
13. Procédé d'assemblage d'un organe (7, 17, 27, 67) en un premier matériau dans une pièce (1, 3, 61) en un deuxième matériau ne comprenant pas de domaine plastique, ledit procédé comportant les étapes suivantes :
- a) former la pièce (1, 3, 61) avec une ouverture (8, 18, 28, 68) et des ajourages (6, 16, 26, 26', 26'', 26''', 46, 46', 66) distribués autour de l'ouverture (8, 18, 28, 68) destinés à former des moyens de déformation élastique ;
- b) introduire sans contrainte, dans l'ouverture (8, 18, 28, 68), une partie (4, 14, 24, 64) dudit organe ;
- c) déformer élastiquement et plastiquement la partie (4, 14, 24, 64) dudit organe dans l'ouverture par rapprochement de deux outils (20, 21) afin d'exercer une contrainte radiale (B) contre la paroi de la pièce (1, 3, 61) entourant l'ouverture (8, 18, 28, 68) en sollicitant lesdits moyens de déformation élastique de la pièce (1, 3, 61) afin de solidariser l'assemblage (2, 12, 22, 62) de manière non destructive pour ladite pièce.
14. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la paroi externe de la partie (4, 14, 24, 64) dudit organe dans l'ouverture est sensiblement de forme correspondante à l'ouverture (8, 18, 28, 68) de la pièce (1, 3, 61) afin d'exercer une contrainte radiale (B) sensiblement uniforme sur la paroi de la pièce (1, 3, 61) entourant l'ouverture (4, 14, 24, 64).
15. Procédé selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce que** l'ouverture (8, 18, 28, 68) de la pièce (1, 3, 61) est circulaire.

16. Procédé selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce que** l'ouverture (8, 18, 28, 68) de la pièce (1, 3, 61) est asymétrique afin d'éviter les déplacements relatifs entre les éléments dudit assemblage. 5
17. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 16, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape b), la différence entre la section ( $e_1$ ) de l'ouverture circulaire (8, 18, 28, 68) et la section externe ( $e_4$ ) de la partie (4, 14, 24, 64) dudit organe dans l'ouverture est d'environ 10  $\mu\text{m}$ . 10
18. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 17, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape c), la déformation exerce un serrage compris entre 8 et 20  $\mu\text{m}$ . 15
19. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 18, **caractérisé en ce que**, lors des étapes b) et c), la partie (4, 14, 24, 64) de l'organe (7, 17, 27, 67) dans l'ouverture est maintenue dans l'ouverture (8, 18, 28, 68) à l'aide d'un des deux outils (20, 21). 20
20. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 19, **caractérisé en ce que** le deuxième matériau est formé à base de silicium. 25
21. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 20, **caractérisé en ce que** le premier matériau est formé à base de métal ou d'alliage métallique. 30
22. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 21, **caractérisé en ce que** la pièce est un mobile (3) d'horlogerie. 35
23. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 21, **caractérisé en ce que** la pièce est une ancre (1) d'horlogerie. 40
24. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 21, **caractérisé en ce que** la pièce est un spiral (61) d'horlogerie. 45
25. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 21, **caractérisé en ce que** la pièce est un résonateur. 50
26. Procédé d'assemblage selon l'une des revendications 13 à 21, **caractérisé en ce que** la pièce est un MEMS. 50

55



Fig. 1

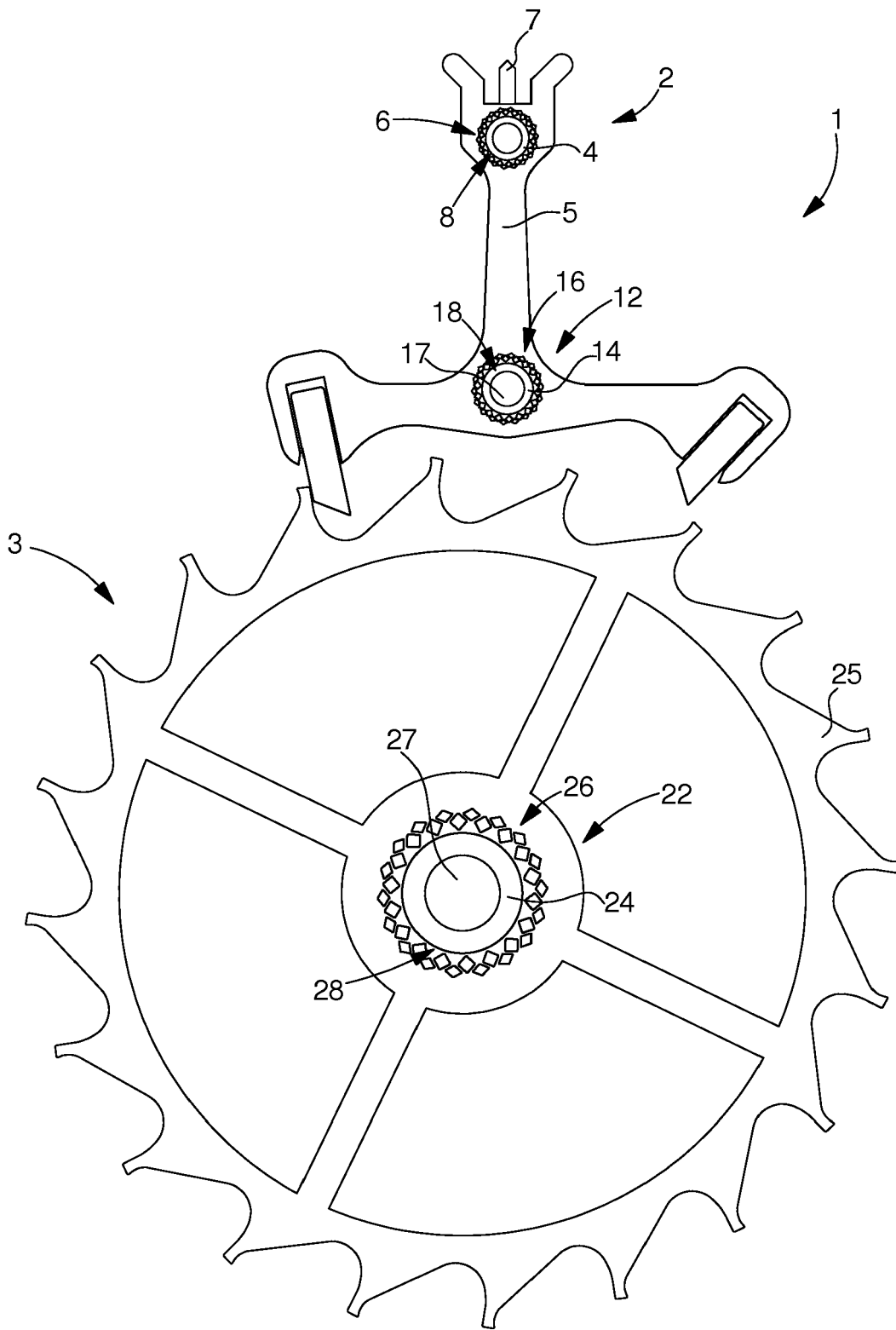
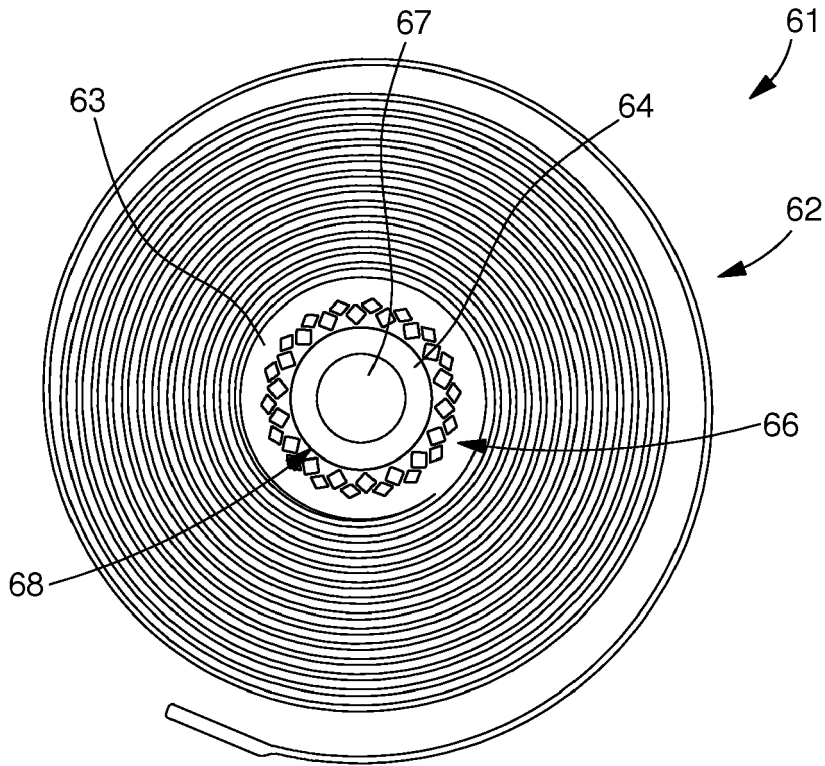
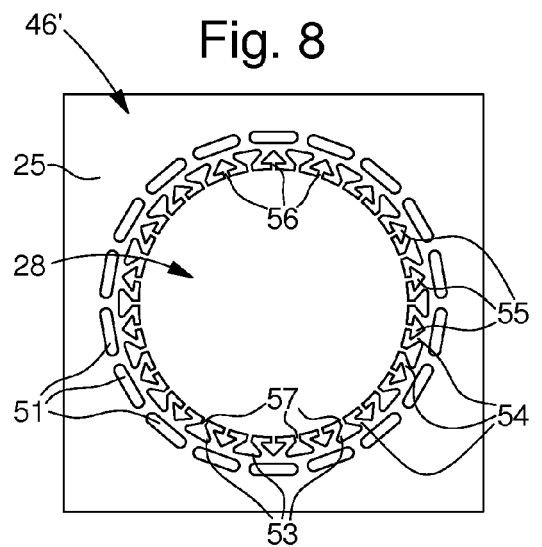
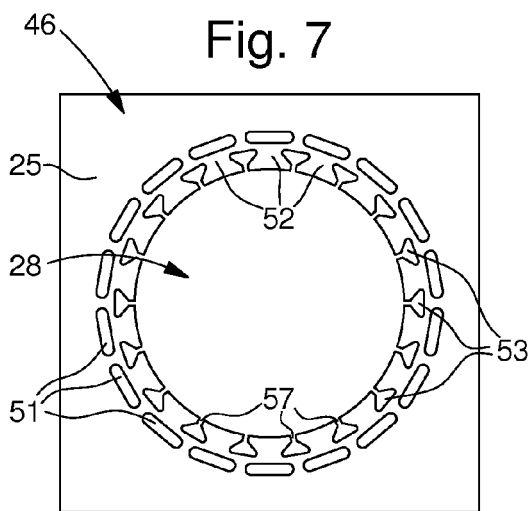
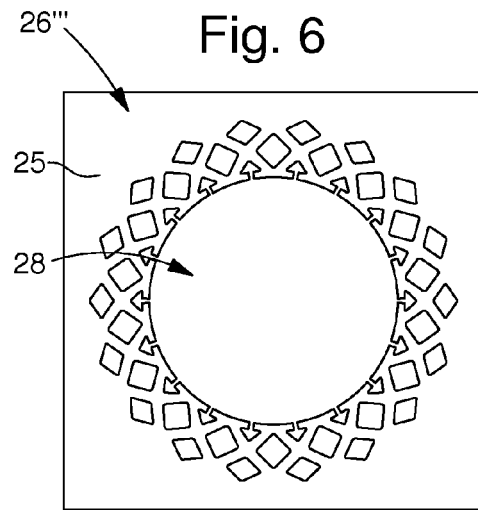
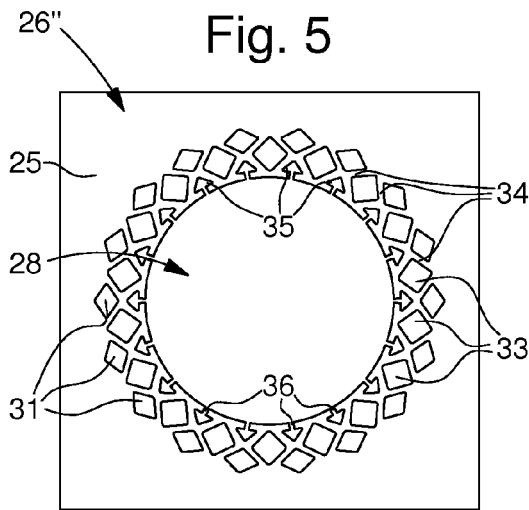
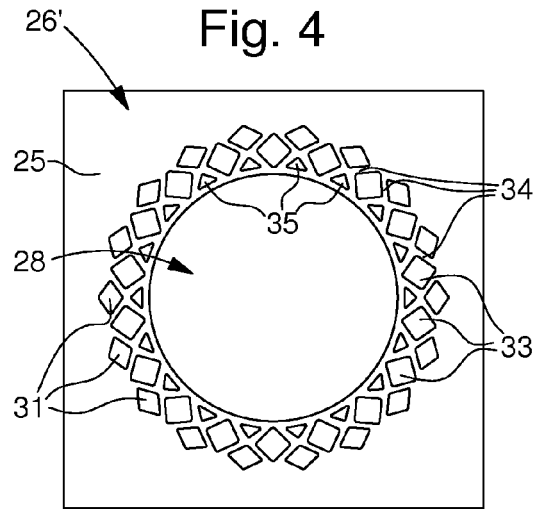
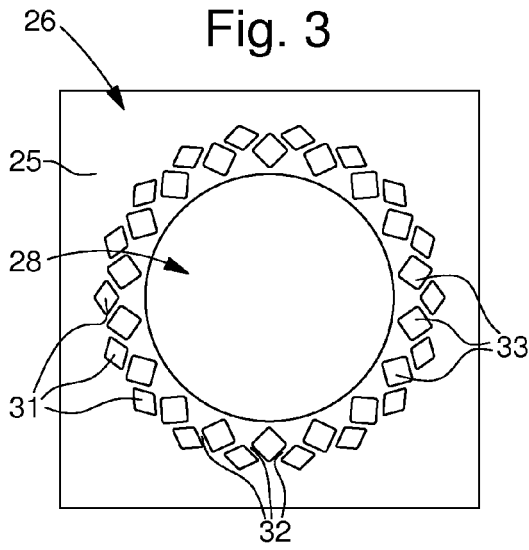


Fig. 2





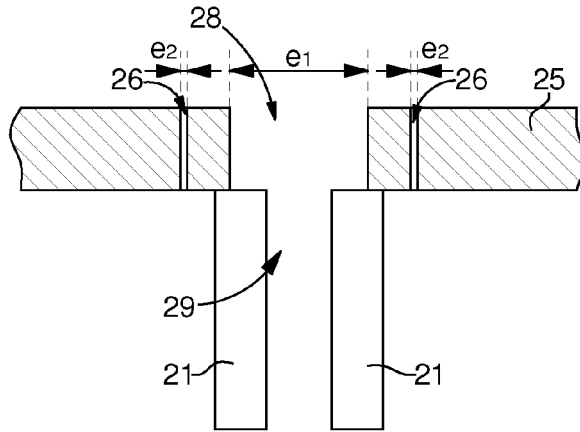


Fig. 9

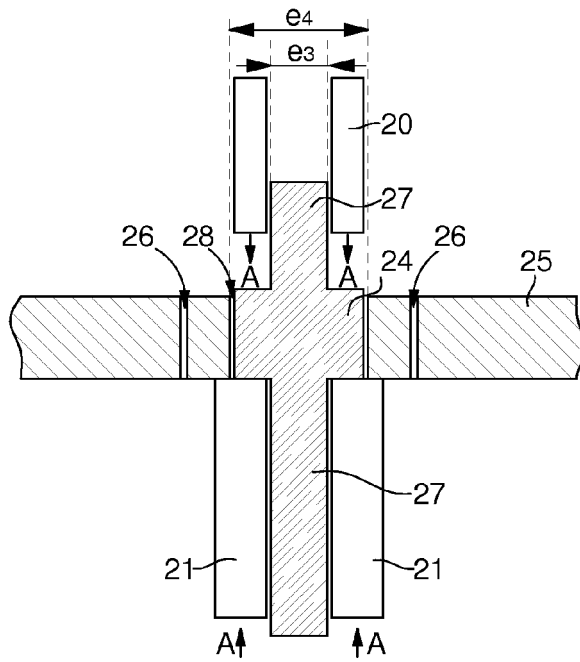


Fig. 10

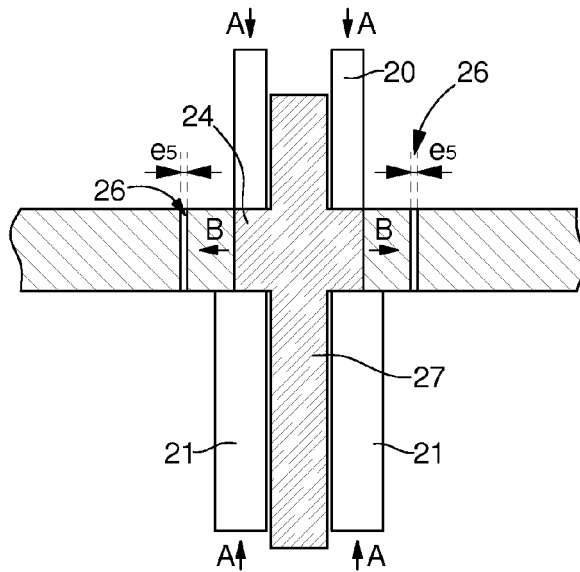


Fig. 11



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 10 19 6597

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                               |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                           | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | Revendication concernée                                                                                                                                                                                                                                         | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)       |
| X                                                                                                                                                                                                                                   | CH 700 260 A2 (CARTIER CREATION STUDIO SA [CH]) 30 juillet 2010 (2010-07-30)    | 1-12                                                                                                                                                                                                                                                            | INV.<br>G04B13/02                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | * alinéas [0017], [0 18], [0 21], [0 24], [0 25]; revendication 8 *             | 13-26                                                                                                                                                                                                                                                           | G04B15/14<br>G04B17/32<br>G04B17/34  |
|                                                                                                                                                                                                                                     | -----                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                 | G04D1/00                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | EP 1 850 193 A1 (PATEK PHILIPPE SA [CH]) 31 octobre 2007 (2007-10-31)           | 1,13                                                                                                                                                                                                                                                            | B81C3/00<br>G04D3/04                 |
|                                                                                                                                                                                                                                     | * alinéas [0007], [00 9], [0 16]; revendications 4, 5 *                         |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                     | -----                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                 | G04B<br>G04D<br>B81C<br>F16H         |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications                                                                                                                                                                      |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                      |
| Lieu de la recherche                                                                                                                                                                                                                |                                                                                 | Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                               | Examineur                            |
| La Haye                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                 | 29 juin 2011                                                                                                                                                                                                                                                    | Guidet, Johanna                      |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES                                                                                                                                                                                                       |                                                                                 | 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 |                                      |
| 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 |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                      |

EPO FORM 1503 03 82 (P04C02)

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

EP 10 19 6597

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.

29-06-2011

| 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 |
|-------------------------------------------------|----|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| CH 700260                                       | A2 | 30-07-2010             | AUCUN                                   |                        |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| EP 1850193                                      | A1 | 31-10-2007             | AUCUN                                   |                        |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |

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**

- WO 2009115463 A [0059]