

CONFÉDÉRATION SUISSE  
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 708 043 B1

(51) Int. Cl.: G04B 15/14 (2006.01)  
G04B 15/08 (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: 00933/13

(22) Date de dépôt: 08.05.2013

(43) Demande publiée: 14.11.2014

(24) Brevet délivré: 15.02.2018

(45) Fascicule du brevet publié: 15.02.2018

(73) Titulaire(s):  
Manufacture et fabrique de montres et chronomètres  
Ulysse Nardin Le Locle S.A., rue du Jardin 3  
2400 Le Locle (CH)

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

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

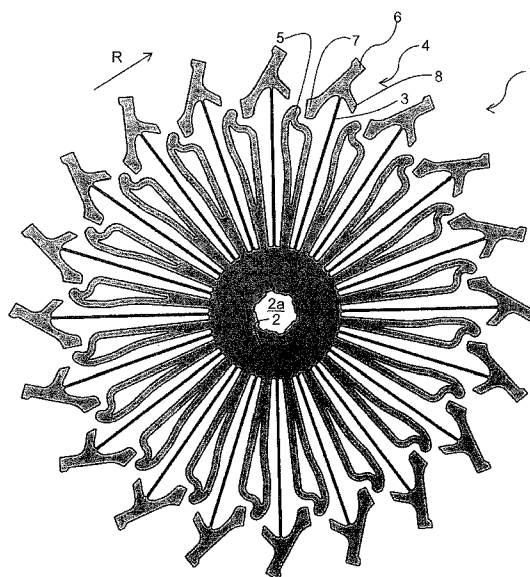
(54) **Roue d'échappement.**

(57) L'invention concerne une roue d'échappement (1) pour mouvement d'horlogerie comprenant:

- un moyeu (2) destiné à être monté solidaire en rotation avec un axe, l'axe étant destiné à être soumis à un couple mécanique;
- une pluralité d'éléments élastiques (3) s'étendant à partir du moyeu (2);
- une pluralité d'éléments de butée (5) s'étendant à partir du moyeu (2) et intercalés chacun entre deux éléments élastiques (3) adjacents; dans laquelle
- chaque élément élastique (3) est pourvu d'une partie extrémale (4).

Selon l'invention:

- ladite partie extrémale (4) comprend au moins une première (6) et une deuxième (7) protubérance;
- la première protubérance (6) forme une dent de la roue d'échappement destinée à interagir avec une ancre; et
- la deuxième protubérance (7) forme une première protubérance de butée, s'étendant vers, et susceptible de coopérer avec, un premier élément de butée (5) adjacent.



## Description

### Domaine technique

[0001] La présente invention se rapporte au domaine de l'horlogerie. Elle concerne, plus particulièrement, une roue d'échappement.

### Etat de la technique

[0002] Les documents US 7 708 454, CH 705 300 et JP 4 849 998 divulguent des roues d'échappement, dans lesquelles les dents d'échappement sont formées par les sommets de lames flexibles s'étendant à partir d'un moyeu rigide. En comparaison avec les roues d'échappement classiques et relativement plus rigides, ces roues d'échappement à bras flexibles présentent un amortissement amélioré des chocs entre les palettes de l'ancre. Ceci est particulièrement important si la roue d'échappement est fabriquée à partir d'un matériau cassable tel que le silicium, le corindon ou similaire, lesquels peuvent être aisément endommagés par des chocs mécaniques causés par les impacts entre les dents de l'échappement et les moyens de limitation de l'ancre.

[0003] En outre, les lames flexibles de telles roues d'échappement à bras flexibles stockent une certaine quantité d'énergie pendant les phases de repos de l'échappement, due à la flexion des lames flexibles, une portion de cette énergie étant restituée à l'ancre pendant les phases d'impulsion de l'échappement.

[0004] La roue d'échappement peut être soumise à un couple mécanique variable en fonction de l'état d'armage du ressort moteur. Il en résulte que les impulsions fournies à l'ancre peuvent varier considérablement, d'une part en fonction des impulsions dues à la rotation du moyeu, d'autre part en fonction des impulsions dues à l'énergie stockée dans les lames flexibles pendant les phases de repos. Par conséquent et de manière similaire à un échappement standard (sans bras flexible), l'amplitude du balancier peut varier considérablement, ce qui nuit à l'isochronisme du mouvement d'horlogerie.

[0005] Le but de l'invention est ainsi de proposer une roue d'échappement capable de réduire au moins partiellement la variation des impulsions fournies à l'ancre lorsque ladite roue est intégrée dans un mouvement d'horlogerie.

### Divulgateion de l'invention

[0006] De façon plus précise, l'invention concerne une roue d'échappement pour un mouvement d'horlogerie, comprenant un moyeu destiné à être monté solidaire en rotation avec un axe, l'axe étant destiné à être soumis à un couple mécanique induit par un ressort moteur auquel il est associé (via un rouage de finissage de manière conventionnelle), une pluralité d'éléments élastiques s'étendant à partir du moyeu, une pluralité d'éléments de butée s'étendant à partir du moyeu, intercalés chacun entre deux éléments élastiques adjacents, et dans laquelle chaque élément élastique est pourvu d'une partie extrémale.

[0007] Selon l'invention, ladite partie extrémale comprend au moins une première et une deuxième protubérance, la première protubérance formant une dent de la roue d'échappement destinée à interagir avec l'ancre d'échappement à laquelle elle est associée, la deuxième protubérance formant une première protubérance de butée, s'étendant vers, et susceptible de coopérer avec, un premier élément de butée adjacent.

[0008] Par conséquent, la quantité d'énergie pouvant être stockée dans chaque élément élastique pendant les phases de repos peut être limitée en fonction de la flexion de l'élément élastique avant que la première protubérance de butée entre en contact avec le premier élément de butée adjacent. Une fois qu'un tel contact est achevé, la flexion de l'élément élastique étant ainsi limitée, la quantité d'énergie stockée est également limitée. L'impulsion à l'ancre due à l'énergie stockée dans l'élément élastique reste par conséquent substantiellement constante pour les valeurs de couple appliqué au moyeu de la roue d'échappement, qui suffisent pour mettre la première protubérance de butée et le premier élément de butée adjacent en contact pendant les phases de repos de l'ancre.

[0009] D'une manière avantageuse, la partie extrémale peut comprendre une troisième protubérance formant une deuxième protubérance de butée s'étendant vers un second élément de butée adjacent. Cette troisième protubérance et le second élément de butée adjacent peuvent être agencés pour substantiellement éviter la rotation de la partie extrémale par rapport au point de contact entre la deuxième protubérance et le premier élément de butée adjacent lorsque la deuxième protubérance et le premier élément de butée adjacent sont en contact. Par conséquent, la position géométrique des dents de la roue d'échappement n'est pas modifiée de manière non souhaitable lorsque l'axe de la roue d'échappement est soumis à un couple relativement important.

[0010] D'une manière avantageuse, l'élément élastique peut comprendre au moins deux lames, et la partie extrémale peut comprendre une quatrième protubérance formant encore une dent de la roue d'échappement destinée à interagir avec l'ancre. Par conséquent, l'élément élastique peut résister à un couple appliqué autour du point de contact entre la deuxième protubérance et l'élément de butée adjacent, évitant ainsi une modification non souhaitable de la position géométrique des dents de la roue d'échappement lorsque son axe est soumis à un couple relativement important.

[0011] D'une manière avantageuse, chaque élément élastique est agencé de manière à ce que la première protubérance de butée et le premier élément de butée adjacent sont destinés à entrer en contact l'un avec l'autre lorsque l'élément élastique est soumis à un couple mécanique égal ou supérieur à un couple prédéterminé, ce couple prédéterminé pouvant

être substantiellement de 0,5  $\mu\text{Nm}$ . Par conséquent, la première protubérance de butée et l'élément de butée adjacent entrent déjà en contact pendant les phases de repos lorsque l'axe de la roue d'échappement est soumis à un couple minimum prédéterminé. Ainsi, l'impulsion appliquée à l'ancre due à l'énergie stockée dans l'élément élastique reste par conséquent substantiellement constante pendant toute la marche du mouvement.

**[0012]** D'une manière avantageuse, la roue d'échappement est formée d'une seule pièce et est préférablement fabriquée en matériau non-métallique, de préférence à base de silicium, à base de dioxyde de silicium, à base de diamant, à base de saphir, à base de rubis, ou à base de corindon.

**[0013]** Le but de l'invention est également atteint par un procédé de transmission d'énergie entre une roue d'échappement et une ancre d'échappement, la roue d'échappement étant comme définie ci-dessus.

**[0014]** Le procédé comprend les étapes suivantes:

- appliquer un couple mécanique au moyeu de la roue d'échappement;
- par ledit couple, faire appuyer une dent de la roue d'échappement contre un plan de repos de l'ancre d'échappement, fléchissant ainsi l'élément élastique auquel la dent est associée jusqu'à ce que au moins une portion de l'élément élastique et/ou de la partie extrême de l'élément élastique entre en contact avec un élément de butée adjacent, cette flexion permettant de stocker de l'énergie dans l'élément élastique;
- libérer la dent du plan de repos de la palette de l'ancre, pour l'appuyer contre un plan d'impulsion de l'ancre d'échappement et transmettant au moins une partie de l'énergie stockée dans l'élément élastique audit plan d'impulsion de l'ancre.

**[0015]** Ce procédé présente les mêmes effets et les mêmes avantages que la roue d'échappement selon l'invention elle-même, qui ne seront pas répétés pour raisons d'espace.

**[0016]** De préférence, la partie extrême comprend au moins une première protubérance qui forme ladite dent de la roue d'échappement, et au moins une deuxième protubérance qui forme une première protubérance de butée s'étendant vers un premier élément de butée adjacent, la deuxième protubérance entrant en contact avec un élément de butée adjacent lors de l'application de ladite dent de la roue d'échappement contre ledit plan de repos de l'ancre d'échappement.

**[0017]** D'une manière avantageuse, lesdits éléments de butée sont intercalés chacun entre deux éléments élastiques adjacents.

### Brève description des dessins

**[0018]** D'autres détails de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, faite en référence au dessin annexé dans lequel:

- Fig. 1 est une vue en plan d'une roue d'échappement selon un mode de réalisation de l'invention;
- Fig. 2 est une vue partielle en plan d'une roue d'échappement selon un autre mode de réalisation de l'invention;
- Fig. 3 est une vue en plan d'une roue d'échappement selon le mode de réalisation de la fig. 2 et une ancre;
- Fig. 4 est une vue en plan d'une roue d'échappement selon encore un autre mode de réalisation de l'invention et une ancre;
- Fig. 5 est une vue en plan d'une roue d'échappement selon encore un autre mode de réalisation de l'invention et une ancre;
- Fig. 6 est une vue en plan d'une roue d'échappement selon encore un autre mode de réalisation de l'invention;
- Fig. 7 est une vue en plan de la roue d'échappement de la fig. 3 avec son ancre en position de repos;
- Fig. 8 est une vue en plan de la roue d'échappement de la fig. 3 avec son ancre pendant une première partie de la phase d'impulsion;
- Fig. 9 est une vue en plan de la roue d'échappement de la fig. 3 avec son ancre pendant une deuxième partie de la phase d'impulsion;
- Fig. 10 est une vue en plan de la roue d'échappement de la fig. 3 avec son ancre à la fin de la phase d'impulsion (phase d'impulsion sur la dent);
- Fig. 11 est un graphique illustrant qualitativement l'énergie transmise au balancier dans un échappement possédant une roue d'échappement conventionnel; et
- Fig. 12 est un graphique illustrant qualitativement l'énergie transmise au balancier dans un échappement possédant une roue d'échappement selon l'invention.

**Mode de réalisation de l'invention**

**[0019]** On note d'abord que des pièces identiques ou équivalentes sont indiquées dans les dessins avec les mêmes signes de référence.

**[0020]** La fig. 1 montre une roue d'échappement 1 selon un premier mode de réalisation de l'invention. La roue d'échappement 1 comprend un moyeu 2 percé d'une ouverture 2a pour un axe (non illustré) destiné à être soumis à un couple fourni par un ressort moteur du mouvement d'horlogerie dans lequel la roue d'échappement 1 est destinée à être intégrée, afin qu'elle puisse être mise en rotation selon la direction de rotation R. L'ouverture 2a peut être formée au choix de l'homme du métier, selon des modes de réalisation connus.

**[0021]** Une pluralité d'éléments élastiques 3 s'étend à partir du moyeu 2 vers l'extérieur de la roue d'échappement 1. Dans le présent exemple, vingt éléments élastiques 3 ont été illustrés, mais ce nombre peut être choisi selon les besoins de l'horloger.

**[0022]** Entre chaque paire d'éléments élastiques 3 adjacents se trouve un élément de butée 5, s'étendant également à partir du moyeu 2 vers l'extérieur de la roue d'échappement 1. Ces éléments de butée 5 sont formés afin d'être substantiellement plus rigides que les éléments élastiques 3. Les éléments de butée 5 comme illustrés ici sont ajourés, mais alternativement peuvent être pleins.

**[0023]** On note que, pour des raisons de clarté, un seul élément élastique 3 et un seul élément de butée ont été référencés, les autres éléments élastiques et les autres éléments de butée respectivement étant substantiellement identiques. Dans la suite, s'il est nécessaire d'identifier un élément de butée 5 en amont d'un élément élastique 3, cet élément de butée est identifié avec le suffixe «a», le suffixe «b» étant utilisé pour identifier l'élément de butée 5 en aval.

**[0024]** Chaque élément élastique 3 est pourvu à son extrémité libre d'une partie extrémale 4. Chaque partie extrémale 4 comprend plusieurs protubérances 6, 7, 8, qui font saillie du point de jonction entre l'élément élastique 3 et sa partie extrémale 4. La première protubérance 6 définit une dent de la roue d'échappement 1, qui est destinée à interagir de manière conventionnelle avec une ancre, et possède ainsi une forme conventionnelle. Comme illustré ici, la première protubérance 6 est formée pour interagir avec une ancre suisse, mais la première protubérance 6 pourrait être formée pour n'importe quel type d'échappement.

**[0025]** La deuxième protubérance 7 s'étend vers l'élément de butée 5 adjacent, dans le présent cas en direction amont, et forme une protubérance de butée, limitant le degré de flexion de l'élément élastique 3 lorsque ce dernier est soumis à un couple suffisant par le moyeu, comme cela apparaîtra plus clairement dans la suite.

**[0026]** Dans le mode de réalisation montré sur la fig. 1, chaque partie extrémale 4 comprend une troisième protubérance 8, qui n'a dans ce cas aucun fonctionnement technique et pourrait être supprimé, comme c'est le cas dans le mode de réalisation de la fig. 6 (voir ci-dessous).

**[0027]** Les fig. 2 et 3 montrent un mode de réalisation alternatif d'une roue d'échappement selon l'invention. La fig. 2 montre une vue partielle au niveau d'une partie extrémale 4 et les extrémités libres d'un premier élément de butée 5a adjacent à la partie extrémale 4 en direction amont et d'un second élément de butée 5b adjacent à la partie extrémale 4 en direction aval. Les éléments de butée 5a, 5b comme illustrés ici sont pleins, mais alternativement peuvent être ajourés. Comme dans le mode de réalisation illustré dans la fig. 1, la première protubérance 6 est destinée à former une dent de la roue d'échappement 1.

**[0028]** La roue d'échappement selon le mode de réalisation des fig. 2 et 3 diffère de celle de la fig. 1 en ce que la troisième protubérance 8 est formée pour interagir avec le second élément de butée 5b, en direction avale de la partie extrémale 4. La deuxième protubérance 7 présente une forme de bec triangulaire, formant une première protubérance de butée, afin d'entrer en contact avec l'élément de butée amont 5a en un seul point de contact 5a<sub>2</sub>, prenant la forme d'une entaille de côté angulaire. La troisième protubérance 8 présente également une forme de bec, formant ainsi également une seconde protubérance de butée, et est destinée à entrer en contact avec la partie 5b<sub>1</sub> de l'élément de butée aval 5b surplombant la troisième protubérance 8. Lorsque l'élément élastique 3 est soumis à un couple suffisant par le moyeu 2, la deuxième protubérance 7 entre en contact avec le premier élément de butée 5a au niveau du point de contact 5a<sub>2</sub>, et la troisième protubérance 8 entre en contact avec le second élément de butée 5b, qui possède une partie 5b<sub>1</sub> surplombant la troisième protubérance 8. Grâce à ce double contact entre les protubérances 7, 8 de la partie extrémale 4 et les deux éléments de butée 5a, 5b situés de part et d'autre de la partie extrémale 4, une rotation non désirée de la partie extrémale 4 autour du point de contact entre la deuxième protubérance 7 et le premier élément de butée 5a est substantiellement évitée, de telle sorte que la position en butée ne diffère pas significativement en fonction du couple appliqué à la roue. Le fonctionnement de la roue d'échappement 1 est ainsi assuré même pour des valeurs de couple relativement importantes appliquées au moyeu 2.

**[0029]** La fig. 3 montre la même roue d'échappement 1 qu'à la fig. 2, associée avec son ancre 9. L'ancre 9 est de forme standard, possédant une palette d'entrée 10 et une palette de sortie 13. Elle est pivotée de manière habituelle autour de son axe 11, et par conséquent ne doit pas être décrite plus en détail. Bien que l'ancre 9 soit illustrée comme étant une ancre monobloc, cette caractéristique n'est pas essentielle au fonctionnement de l'échappement: il fonctionne aussi bien avec des ancres classiques ayant des palettes en rubis.

**[0030]** Dans la vue de la fig. 3, la première protubérance 6 de la partie extrême 4 de l'élément élastique 3 est illustrée en contact avec le plan de repos de la palette d'entrée 10 de l'ancre 9.

**[0031]** Dans cette illustration, la roue d'échappement 1 n'est pas soumise à un couple, ce qui est le cas lorsque le ressort moteur du mouvement d'horlogerie dans lequel la roue d'échappement 1 est intégrée n'est pas remonté ou lorsque le train d'engrenages est bloqué. Par conséquent, l'élément élastique 3 n'est pas fléchi et se trouve dans sa position de repos. En outre, la partie extrême 4 ne se trouve ni en contact avec l'élément de butée amont 5a, ni avec l'élément de butée aval 5b.

**[0032]** La fig. 4 montre encore une variante alternative d'un mode de réalisation de la présente invention, selon une vue similaire à celle de la fig. 3.

**[0033]** Dans cette variante, l'élément élastique 3 se compose de 2 lames 3a, 3b, liées par une seule partie extrême 4. Cette partie extrême comprend une première protubérance 6, une deuxième protubérance 7, et une troisième protubérance non fonctionnelle 8 (qui peut donc être supprimée), formées et fonctionnant de manière analogue à celles du mode de réalisation illustré par la fig. 1. La partie extrême 4 comprend en outre une quatrième protubérance 12, formée de manière analogue à la première protubérance 6, et servant également comme dent de la roue d'échappement 1. Ces deux dents de la roue d'échappement, c'est-à-dire la première protubérance 6 et la quatrième protubérance 12, sont liées entre elles par une barre 14, qui est substantiellement plus rigide que les lames 3a, 3b de l'élément élastique 3. Cette barre 14 est illustrée dans la fig. 4 comme courbée et pleine, mais peut également être droite et/ou ajourée.

**[0034]** La barre 14 et les deux lames 3a, 3b de l'élément élastique 3 ont essentiellement le même but que le double contact entre la partie extrême 4 et les éléments de butée amont 5a et aval 5b des modes de réalisation des fig. 2 et 3, c'est-à-dire d'éviter une rotation non souhaitée de la partie extrême 4 lorsque l'élément élastique 3 est soumis à un couple. Dans le cas de la fig. 4, la barre 14 et les deux lames 3a, 3b peuvent résister à un couple appliqué autour du point de contact entre la deuxième protubérance 7 et l'élément de butée amont 5a, de telle sorte que la position en butée ne diffère pas significativement en fonction du couple appliqué à la roue.

**[0035]** La fig. 5 montre encore une alternative de l'invention, selon une vue similaire à celle de la fig. 3.

**[0036]** Cette variante diffère de celle de la fig. 3 en ce que la première protubérance 6 présente une forme pointue afin de former une roue d'échappement 1 pour un échappement de type anglais, c'est-à-dire avec une impulsion non partagée, soit sur la palette uniquement.

**[0037]** La fig. 6 montre encore une variante supplémentaire, selon une vue similaire à celle de la fig. 1.

**[0038]** Cette variante diffère de celle de la fig. 1 en ce que la partie terminale 4 est relativement plus petite, et en ce que la troisième protubérance est absente. La deuxième protubérance 7 est réduite à un coin courbé en saillie du point de jonction entre l'élément élastique et la partie extrême 4, s'étendant vers une surface de contact 5a<sub>2</sub> de l'élément de butée amont 5a, avec laquelle la deuxième protubérance est destinée à entrer en contact lorsque l'élément élastique 3 se trouve en position fléchi. En d'autres termes, la deuxième protubérance peut être considérée comme étant en saillie d'un axe formé par la projection de l'élément élastique vers l'extérieur de la roue d'échappement.

**[0039]** La séquence de fonctionnement de la roue d'échappement 1 selon l'invention pendant la phase de repos, le dégageement de la palette d'entrée 10 de l'ancre 9, et la phase d'impulsion sera décrite par la suite, en référence au mode de réalisation illustré dans la fig. 3. Il va de soi que les autres modes de réalisation fonctionnent essentiellement de la même manière, mutatis mutandis, et ce fonctionnement ne sera pas décrit spécifiquement. Il est aussi noté que, dans la description du fonctionnement de la roue d'échappement 1, les signes de référence 3–8 réfèrent à l'élément élastique 3 et à sa partie extrême 4 qui interagit avec l'ancre 9 à un moment donné.

**[0040]** La fig. 7 illustre une roue d'échappement 1 identique à celle du mode de réalisation de la fig. 3, également avec la première protubérance 6 de la partie extrême 4 de l'élément élastique 3 en position de repos contre le plan de repos de la palette 10 de l'ancre 9. Dans l'illustration de la fig. 5, un couple a été appliqué au moyeu 2 au moyen de son axe (non illustré), ce couple étant d'une valeur suffisante pour fléchir l'élément élastique 3 jusqu'à ce que la deuxième protubérance 7 entre en contact avec le point de contact 5a<sub>2</sub> de l'élément de butée amont 5a, et la troisième protubérance 8 entre en contact avec la partie surplombante 5b<sub>1</sub> de l'élément de butée aval 5b. Il est à noter que ce dernier point ne se produit pas pour les modes de réalisation des roues d'échappement 1 illustrées par les fig. 1, 4 et 6. Typiquement, le couple minimum pour obtenir ce contact serait d'environ 0,5 µNm pour un échappement qui fonctionne avec entre environ 0,2 et 2 µNm de couple, mais est susceptible d'être choisi arbitrairement par l'horloger selon ses besoins et selon la construction du mouvement. Les autres éléments élastiques qui ne sont pas soumis au couple restent naturellement dans leurs positions de repos.

**[0041]** La fig. 8 illustre la position de la roue d'échappement 1 et l'ancre 9 pendant une première partie de sa phase d'impulsion, juste après le dégageement de la première protubérance 6 du plan de repos de la palette d'entrée 10 de l'ancre 9. Comme c'est généralement le cas, le dégageement entraîne la rotation de l'ancre 9 autour de son axe 11 dans le sens horaire (pour la palette d'entrée) sous l'action du balancier (non illustré), puis démarre la phase d'impulsion.

**[0042]** La roue d'échappement 1, considérée dans son intégralité, possède un certain moment d'inertie. Dans le cas d'une roue d'échappement traditionnelle, c'est-à-dire rigide, au moment du dégageement, l'ancre est déjà en mouvement, tandis que la roue d'échappement est à l'arrêt. Du fait de son inertie et éventuellement aussi au moins une partie de l'inertie du

rouage de finissage en amont, elle ne rattrape la palette d'entrée qu'après environ le premier tiers du plan d'impulsion. La dent donne une impulsion à l'ancre pendant son trajet le long des deux autres tiers du plan d'impulsion.

**[0043]** Les roues d'échappement possédant des dents flexibles fonctionnent en général d'une manière légèrement différente, le moment d'inertie des dents individuelles, y compris leurs éléments élastiques, étant substantiellement moins important que le moment d'inertie de la roue d'échappement prise dans son entier. Par conséquent, immédiatement après le dégagement, l'élément élastique, qui était fléchi dans la position de repos par le couple appliqué par le moyeu, peut accélérer relativement rapidement en comparaison avec le reste de la roue d'échappement, et peut par conséquent suivre le plan d'impulsion de la palette de l'ancre dans une plus grande mesure que dans le cas d'une roue d'échappement rigide. En conséquence, la dent de la roue d'échappement flexible entre en contact avec le plan d'impulsion en un point plus proche du plan de repos que c'est le cas pour une roue d'échappement rigide comme mentionné ci-dessus.

**[0044]** Cette situation est montrée dans la fig. 8, dans laquelle l'élément élastique 3 est partiellement déchargé, ayant appliqué une portion de l'énergie qu'il stocke au plan d'impulsion de la palette d'entrée 10 de l'ancre 9. Grâce à la flexion de l'élément élastique 3 limitée par le contact entre la deuxième protubérance 7 et l'élément de butée amont 5a, l'impulsion fournie au balancier (par l'intermédiaire de l'ancre) due à l'énergie stockée dans l'élément élastique 3 est substantiellement constante pour les valeurs de couple supérieures à celle nécessaire pour amener la deuxième protubérance 7 et l'élément de butée amont 5a en contact, dans la phase de repos de l'échappement (comme illustrée dans la fig. 7), par exemple au-dessus de 0,5  $\mu\text{Nm}$ .

**[0045]** La fig. 9 illustre la situation quelques moments après celle illustrée à la fig. 6. La roue d'échappement 1 accélère, et tourne selon la direction de rotation R, et rattrape la partie extrême 4 de l'élément élastique 3. La première protubérance 6 demeurant en contact avec le plan d'impulsion de la palette d'entrée 10 de l'ancre 9, l'élément élastique 3 est ainsi fléchi de nouveau, jusqu'à ce que la deuxième protubérance 7 rentre en contact avec l'élément de butée amont 5a et la troisième protubérance 8 entre en contact avec la partie surplombant 5b<sub>1</sub> de l'élément de butée avale 5b.

**[0046]** A partir du moment où l'élément élastique est à nouveau appuyé sur l'élément de butée amont 5a, l'impulsion fournie à l'ancre 9 est donnée sensiblement exclusivement par transmission rigide entre le moyeu 2 et la première protubérance 6, via l'élément de butée amont 5a, la deuxième protubérance 7 demeurant en contact avec l'élément de butée amont 5a et la troisième protubérance 8 demeurant en contact avec l'élément de butée avale 5b jusqu'à la fin de la phase d'impulsion.

**[0047]** La fig. 10 illustre la situation juste avant la fin de la phase d'impulsion sur la dent. La première protubérance 6 est sur le point de quitter le plan d'impulsion de la palette d'entrée 10 de l'ancre 9, et il est à noter que la deuxième protubérance 7 reste toujours en contact avec l'élément de butée amont 5a et la troisième protubérance 8 reste en contact avec l'élément de butée avale 5b.

**[0048]** Une fois que la première protubérance 6 est libérée par l'ancre 9, l'élément élastique 3 retrouve sa forme de repos, et la première protubérance d'une autre dent entre en contact avec le plan de repos de la palette de sortie 13 de l'ancre 9. Subséquemment, la séquence de fonctionnement comme décrite ci-dessus pour la palette d'entrée 10 se répète pour la palette de sortie 13.

**[0049]** En ce qui concerne le mode de réalisation de la roue d'échappement 1 illustré dans la fig. 4, la séquence de fonctionnement est identique, non seulement pour la première protubérance 6 de la partie extrême 4, mais aussi pour la quatrième protubérance 12, qui forme également une dent de la roue d'échappement 1 fonctionnellement identique à la première protubérance 6. Il est à noter en outre que, pour les modes de réalisation de la roue d'échappement 1 illustrés dans les fig. 1 et 4, les commentaires ci-dessus concernant la troisième protubérance 8 ne s'appliquent pas, car la troisième protubérance 3 n'est pas fonctionnelle, et n'interagit pas avec l'élément de butée avale 5b.

**[0050]** Il est aussi à noter qu'une portion de l'élément élastique 3 peut s'appuyer contre l'élément de butée amont 5a, comme alternative à, ou en supplément de, la deuxième protubérance 7 dans tous les modes de réalisation. En outre, comme alternative à, ou en supplément des éléments de butée 5 intercalés entre les éléments élastiques 3 du mode de réalisation de la fig. 4, des éléments de butée peuvent se trouver entre les lames 3a, 3b de l'élément élastique 3.

**[0051]** La fig. 11 illustre qualitativement sous forme de graphique l'énergie transmise au balancier lors de l'utilisation d'une ancre d'échappement et une roue d'échappement traditionnelles, c'est-à-dire rigide, lors des phases de dégagement et d'impulsion. Les valeurs de E se situant au-dessus de l'axe horizontal représentent l'énergie fournie au balancier par la roue d'échappement via l'intermédiaire de l'ancre 9, et celles se situant au-dessous de l'axe horizontal représentent l'énergie consommée par le balancier lors du dégagement pour surmonter les frottements et la force de tirage. Les barres en gris foncé représentent les valeurs d'énergie pour le cas où l'organe moteur est fortement armé (couple relativement haut appliqué au moyeu), et les barres en gris clair représentent les valeurs d'énergie pour le cas où l'organe moteur est faiblement armé (couple relativement faible appliqué au moyeu). Sur cette figure, on peut voir que l'énergie consommée lors du dégagement et l'énergie fournie lors de l'impulsion sont plus importants si l'organe moteur est fortement armé que si l'organe moteur est faiblement armé. Le total de l'énergie transférée est plus important si l'organe moteur est fortement armé que s'il est faiblement armé.

**[0052]** La fig. 12 illustre, d'une manière similaire à la fig. 11, l'énergie E transmise au balancier avec l'utilisation d'une ancre d'échappement et d'une roue d'échappement selon l'invention. L'énergie consommée lors du dégagement reste

sensiblement similaire à celle du cas de la fig. 11. L'énergie fournie lors de l'impulsion peut être divisée entre l'énergie fournie par l'élément élastique 3, et l'énergie fournie par le moyeu 2. Grâce à la limitation de la flexion de l'élément élastique 3 due au contact entre la ou les protubérance(s) 7, 8 de la partie extrême 4 et les éléments de butée 5, l'énergie stockée dans l'élément élastique 3 est régulée. Par conséquent, l'énergie fournie à l'ancre 9 par l'élément élastique reste substantiellement constante. L'énergie fournie à l'ancre due au moyeu varie toujours en fonction de l'armage du ressort moteur, mais le total de l'énergie transférée par rapport à l'armage du ressort moteur est substantiellement plus constant que pour le cas traditionnel illustré dans la fig. 11.

**[0053]** Bien que l'invention ait été expliquée en référence à un nombre limité de formes d'exécution de la roue d'échappement 1, elle n'est pas limitée à ces exemples. Il existe en effet un nombre illimité de formes de la roue d'échappement 1 reprenant les caractéristiques requises, qui sont définies par les revendications annexées.

## Revendications

1. Roue d'échappement (1) pour mouvement d'horlogerie, comprenant:
  - un moyeu (2) destiné à être monté solidaire en rotation avec un axe, l'axe étant destiné à être soumis à un couple mécanique;
  - une pluralité d'éléments élastiques (3) s'étendant à partir du moyeu (2);
  - une pluralité d'éléments de butée (5) s'étendant à partir du moyeu (2) et intercalés chacun entre deux éléments élastiques (3) adjacents; dans laquelle
  - chaque élément élastique (3) est pourvu d'une partie extrême (4); caractérisée en ce que
  - ladite partie extrême (4) comprend au moins une première (6) et une deuxième (7) protubérance;
  - la première protubérance (6) forme une dent de la roue d'échappement (1) destinée à interagir avec une ancre (9); et
  - la deuxième protubérance (7) forme une première protubérance de butée, s'étendant vers, et susceptible de coopérer avec, un premier élément de butée (5) adjacent.
2. Roue d'échappement (1) selon la revendication précédente, dans laquelle la partie extrême (4) comprend une troisième protubérance (8) formant une deuxième protubérance de butée s'étendant vers un second élément de butée (5) adjacent.
3. Roue d'échappement (1) selon la revendication précédente, dans laquelle la troisième protubérance (8) et le second élément de butée (5) adjacent sont agencés pour limiter la rotation de la partie extrême (4) par rapport au point de contact entre la deuxième protubérance (7) et le premier élément de butée (5) adjacent lorsque la deuxième protubérance (7) et le premier élément de butée (5) adjacent sont en contact.
4. Roue d'échappement (1) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle chaque élément élastique (3) est agencé de manière à ce que la deuxième protubérance (7) et le premier élément de butée (5) adjacent sont destinés à entrer en contact l'un avec l'autre lorsque l'élément élastique (3) est soumis à un couple mécanique égal ou supérieur à un couple prédéterminé.
5. Roue d'échappement (1) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle l'élément élastique (3) comprend au moins deux lames, et dans laquelle la partie extrême comprend en outre une quatrième protubérance (12) formant encore une dent de la roue d'échappement (1) destinée à interagir avec l'ancre (9).
6. Roue d'échappement (1) selon la revendication précédente, dans laquelle ledit couple prédéterminé est substantiellement de 0,5  $\mu\text{Nm}$ .
7. Roue d'échappement (1) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la roue d'échappement (1) est formée d'une seule pièce.
8. Roue d'échappement (1) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la roue d'échappement (1) est fabriquée en matériau non-métallique, de préférence à base de silicium, à base de dioxyde de silicium, à base de diamant, à base de saphir, à base de rubis, ou à base de corindon.
9. Procédé de transmission d'énergie entre une roue d'échappement (1) selon l'une des revendications 1 à 8 et une ancre d'échappement (9), le procédé comprenant les étapes suivantes:
  - appliquer un couple mécanique au moyeu de la roue d'échappement (1);
  - par ledit couple, faire appuyer une dent de la roue d'échappement (1) contre un plan de repos de l'ancre (9) d'échappement, fléchissant ainsi l'élément élastique (3) auquel la dent est associée jusqu'à ce que au moins une portion de l'élément élastique (3) et/ou de la partie extrême (4) de l'élément élastique (3) entre en contact avec un élément de butée (5) adjacent, cette flexion permettant de stocker de l'énergie dans l'élément élastique;
  - libérer la dent du plan de repos de l'ancre (9), l'appuyant contre un plan d'impulsion de l'ancre (9) d'échappement et transmettant au moins une partie de l'énergie stockée dans l'élément élastique (3) audit plan d'impulsion de l'ancre (9).
10. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel la partie extrême (4) comprend au moins une première protubérance (6) formant ladite dent de la roue d'échappement (1), et au moins une deuxième protubérance (7) formant une première protubérance de butée s'étendant vers un premier élément de butée (5) adjacent, et dans lequel

## CH 708 043 B1

la deuxième protubérance (7) entre en contact avec un élément de butée (5) adjacent lors de l'application de ladite dent de la roue d'échappement (1) contre ledit plan de repos de l'ancre (9) d'échappement.

11. Procédé selon l'une des revendications 9 ou 10, dans lequel lesdits éléments de butée (5) sont intercalés chacun entre deux élément élastiques (3) adjacents.

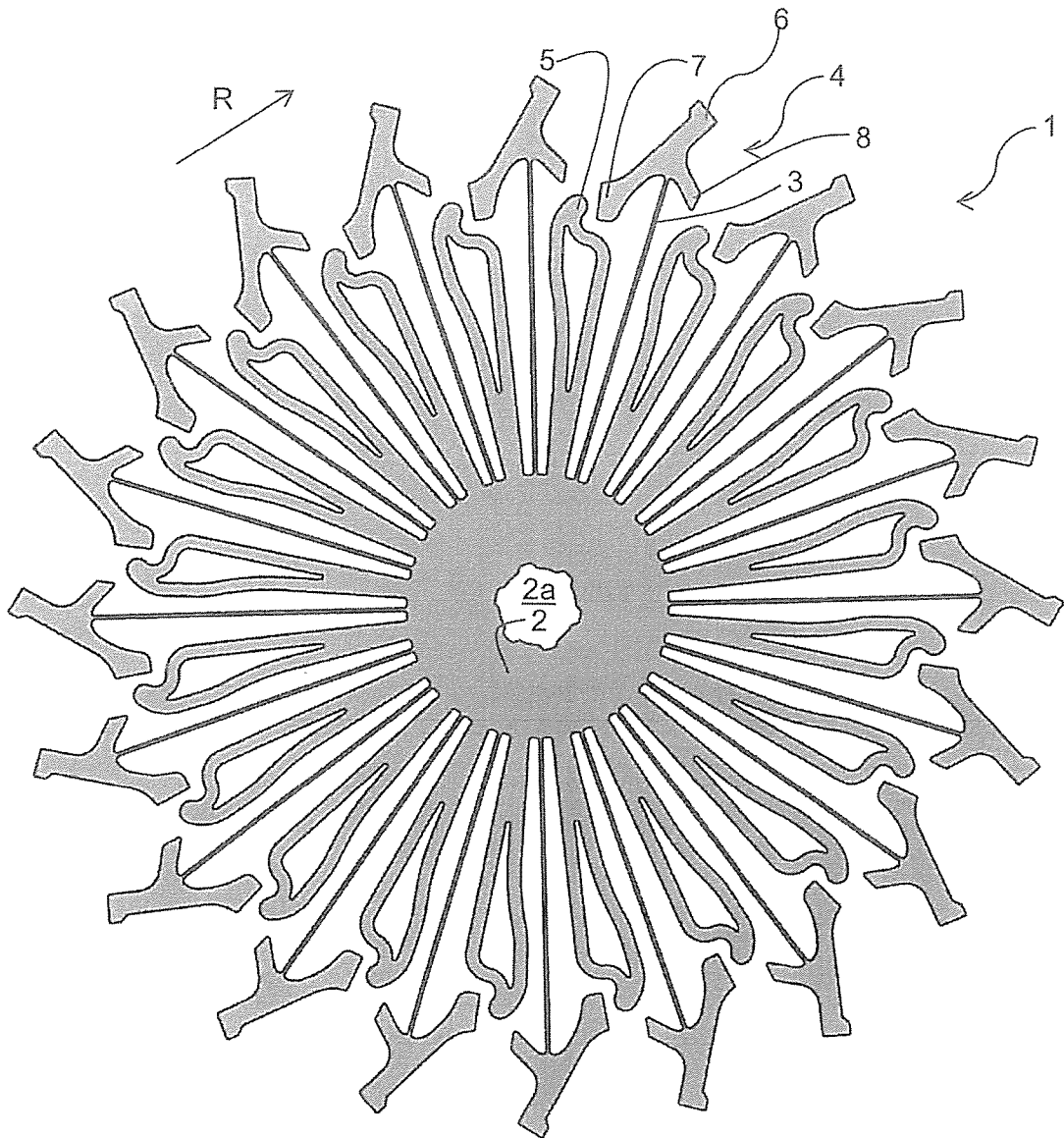


Figure 1

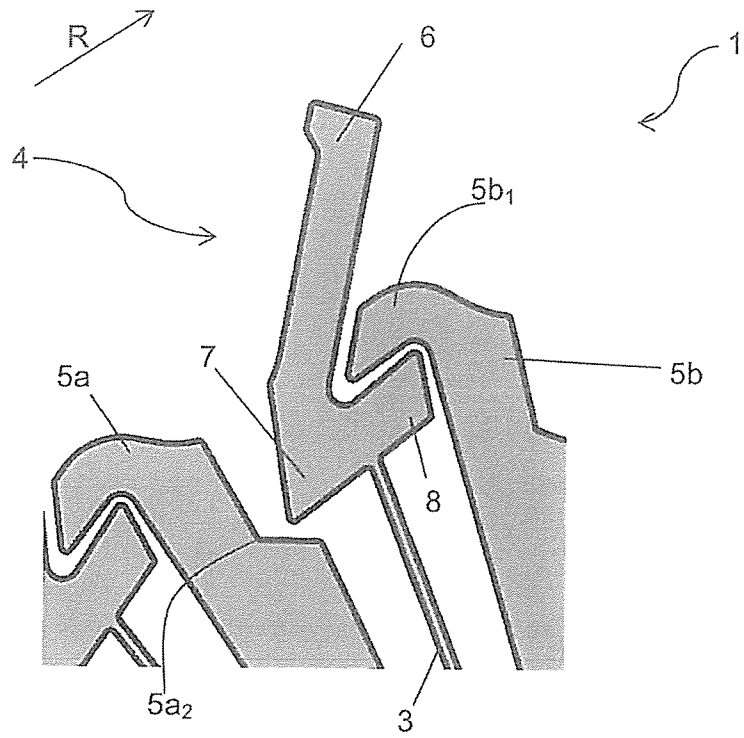


Figure 2

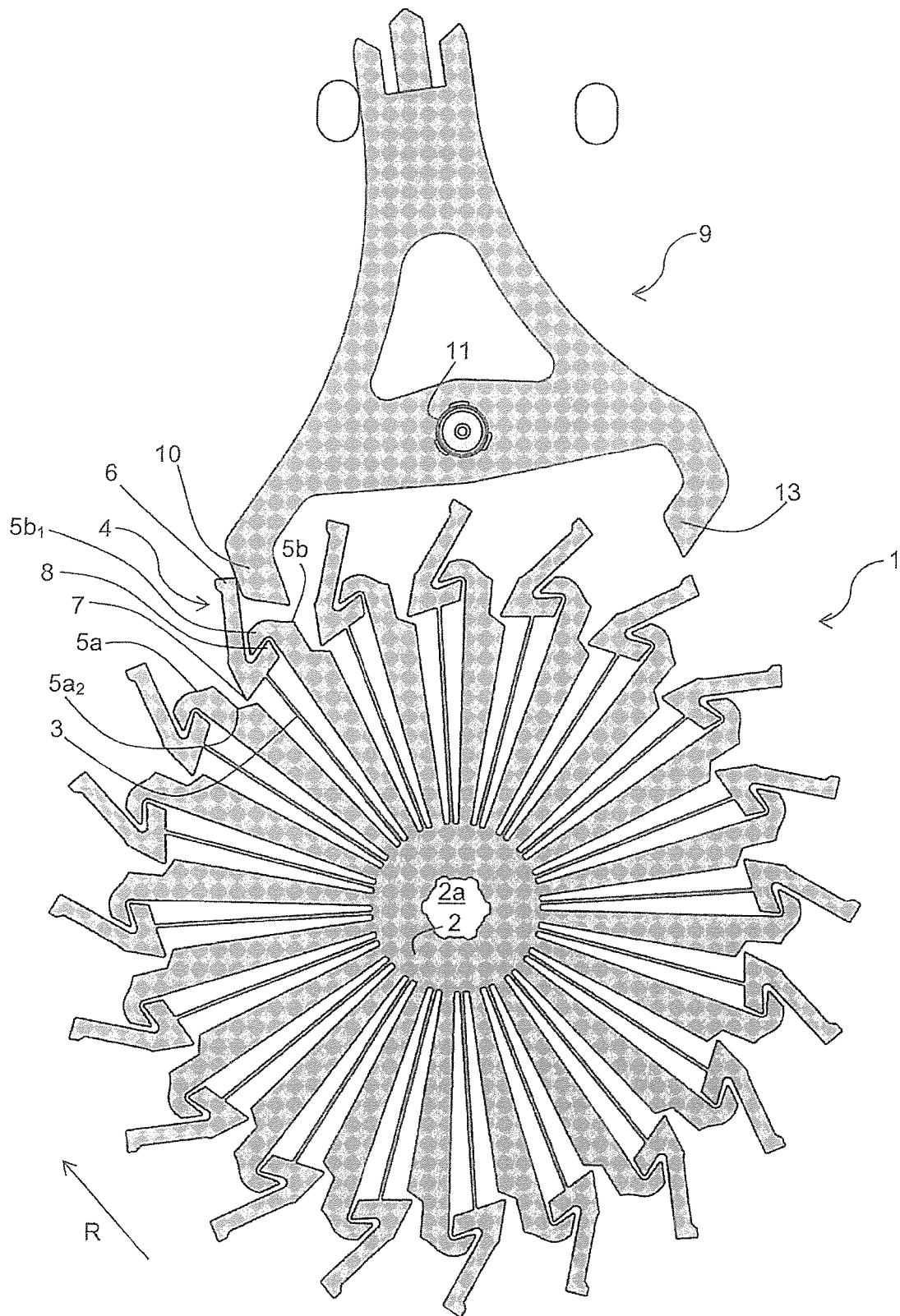


Figure 3

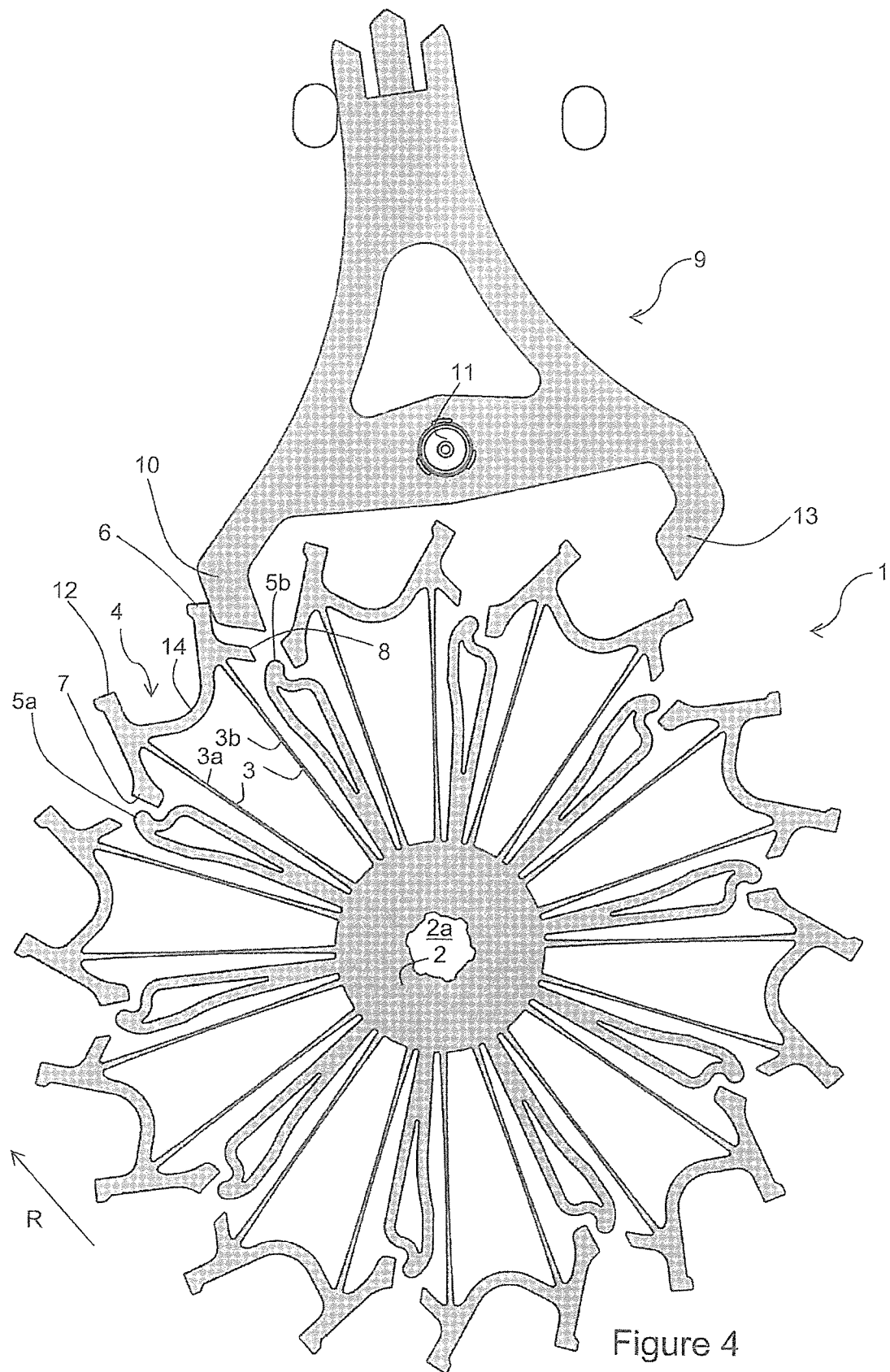


Figure 4

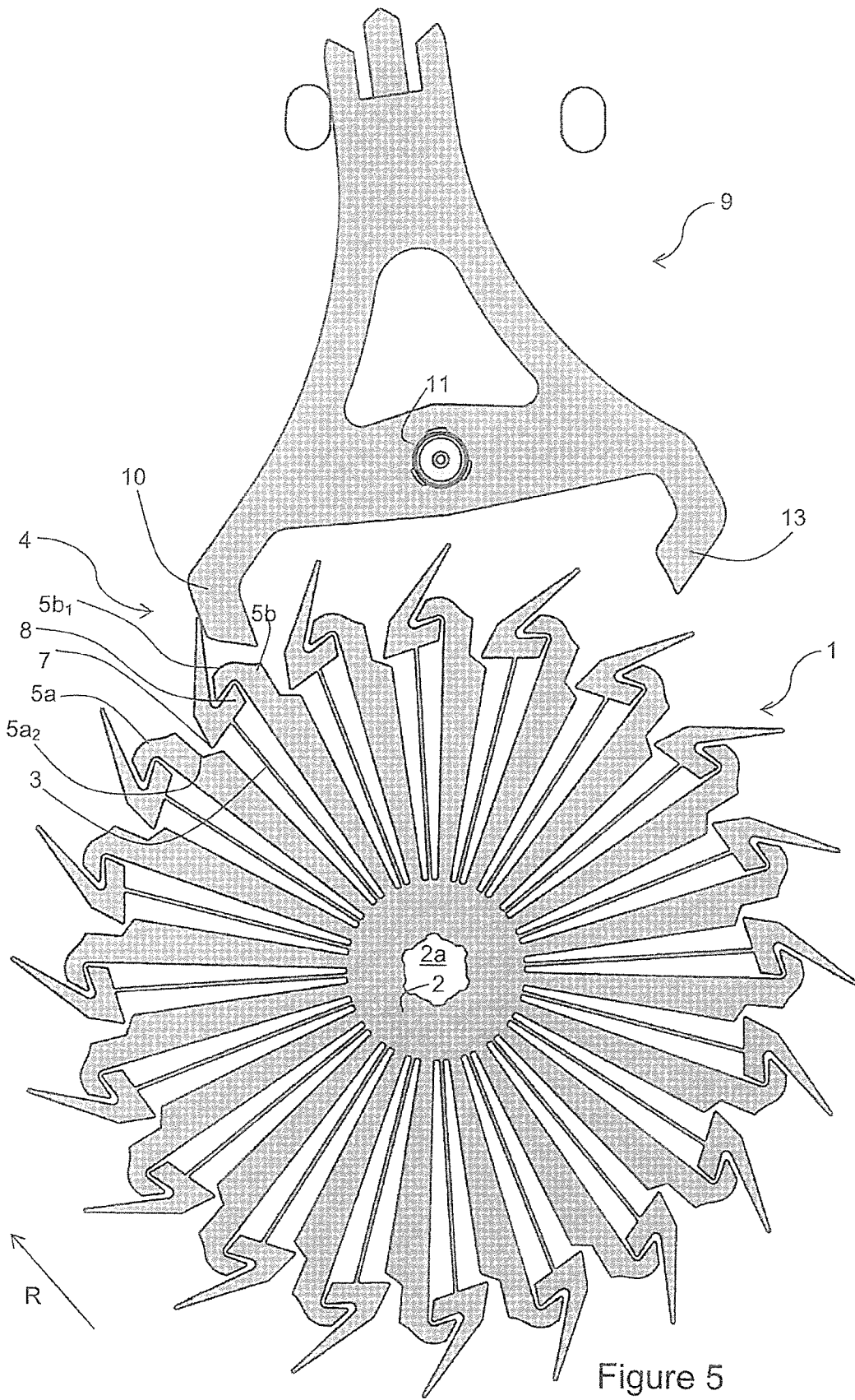


Figure 5

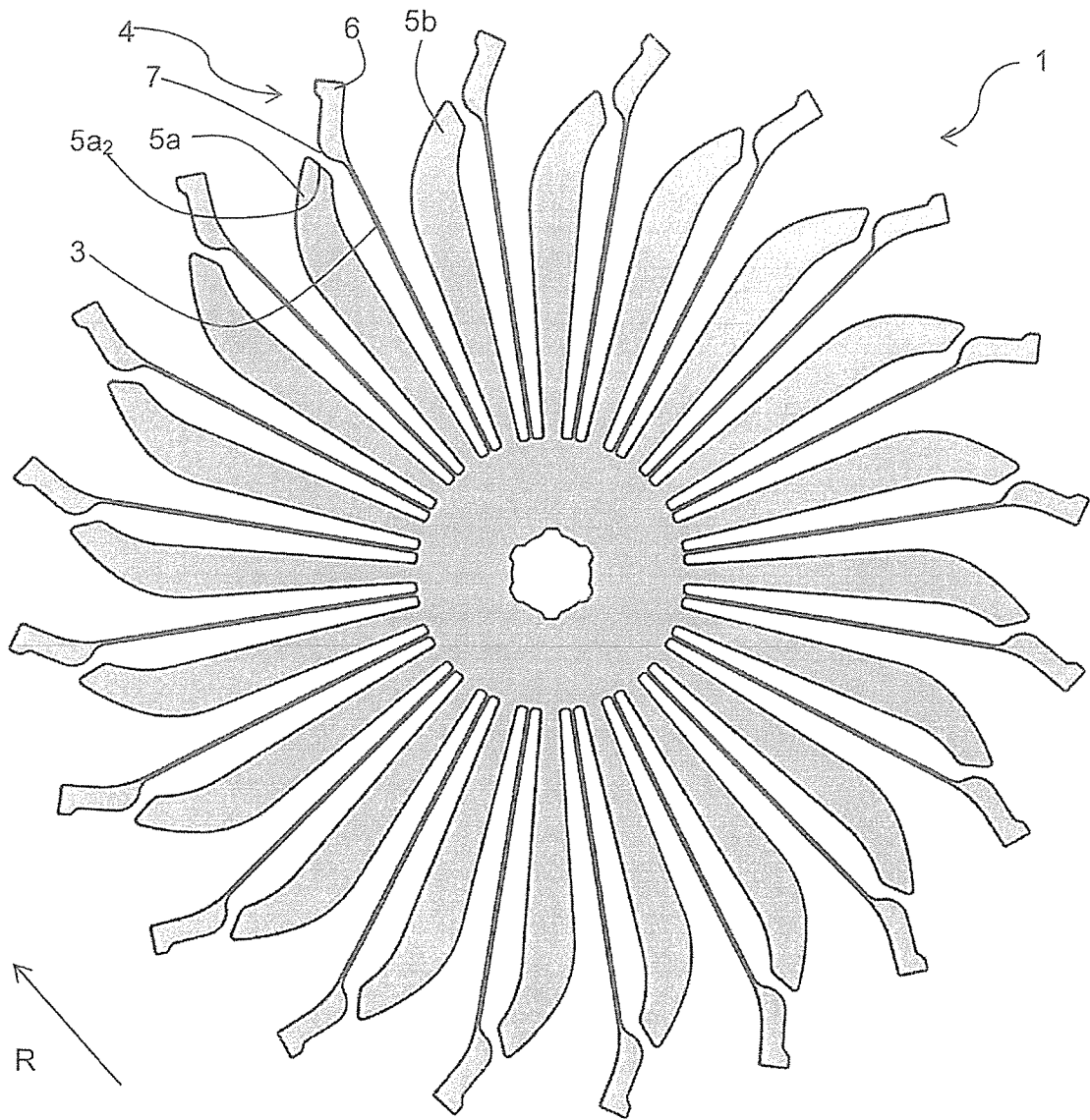
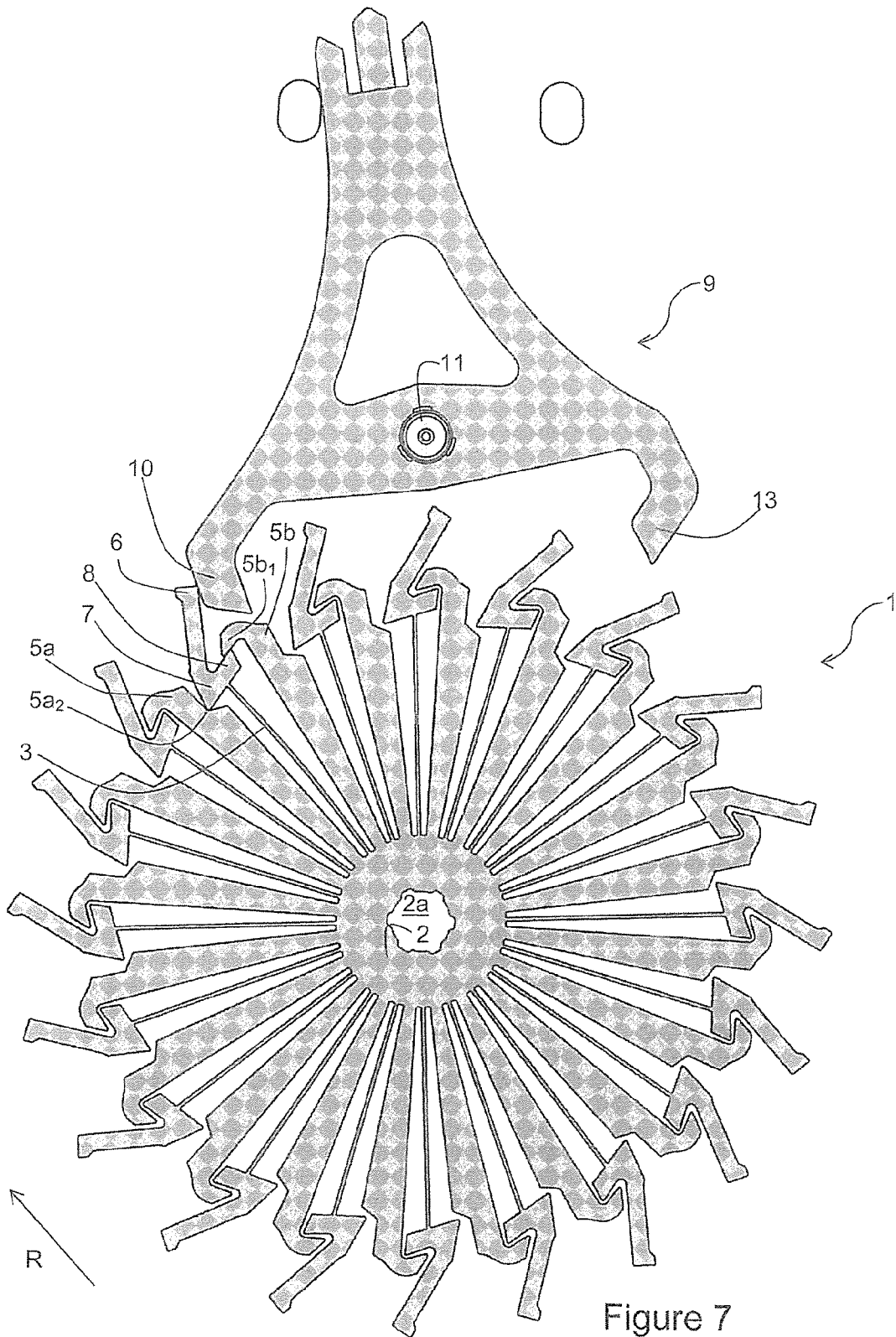


Figure 6



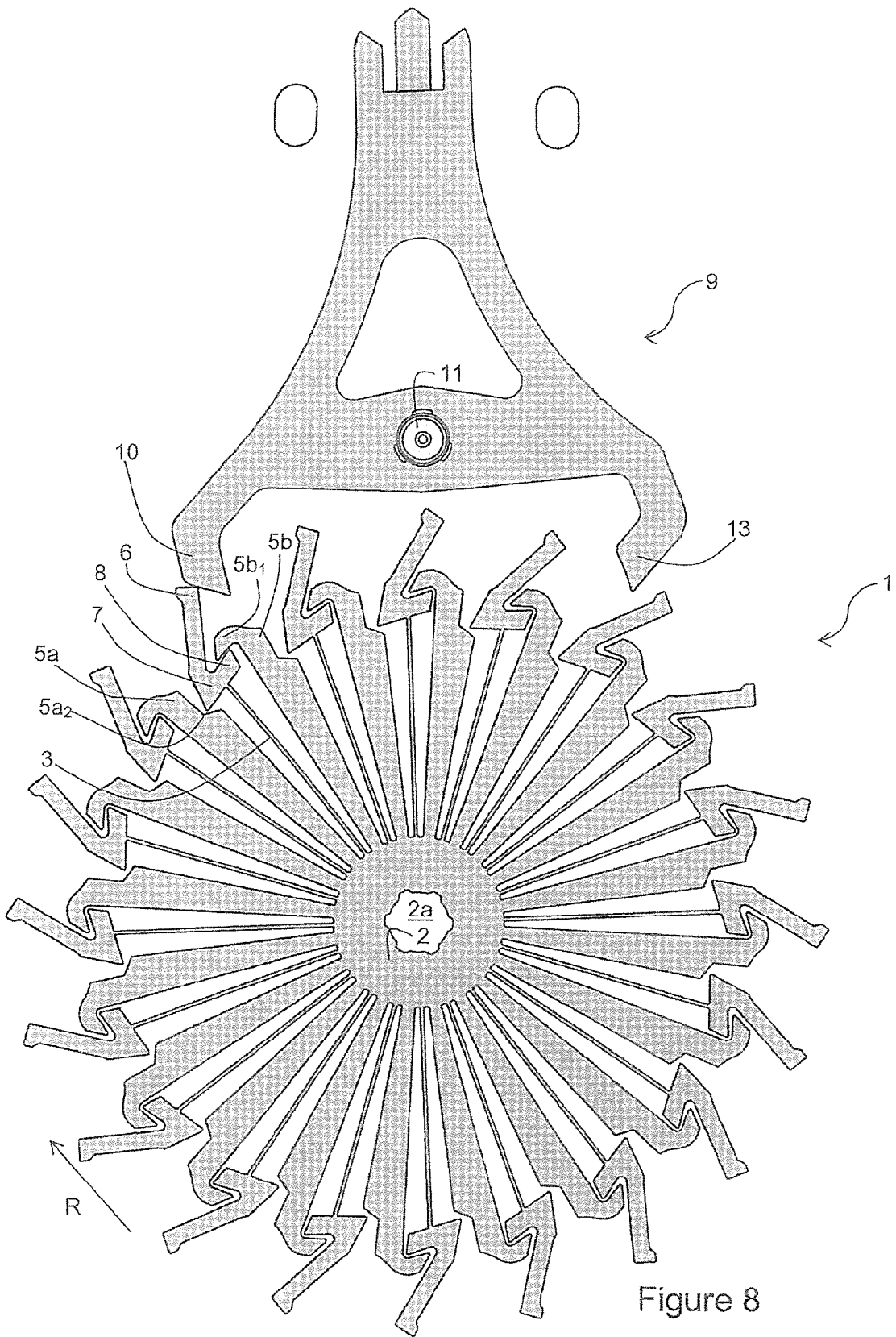
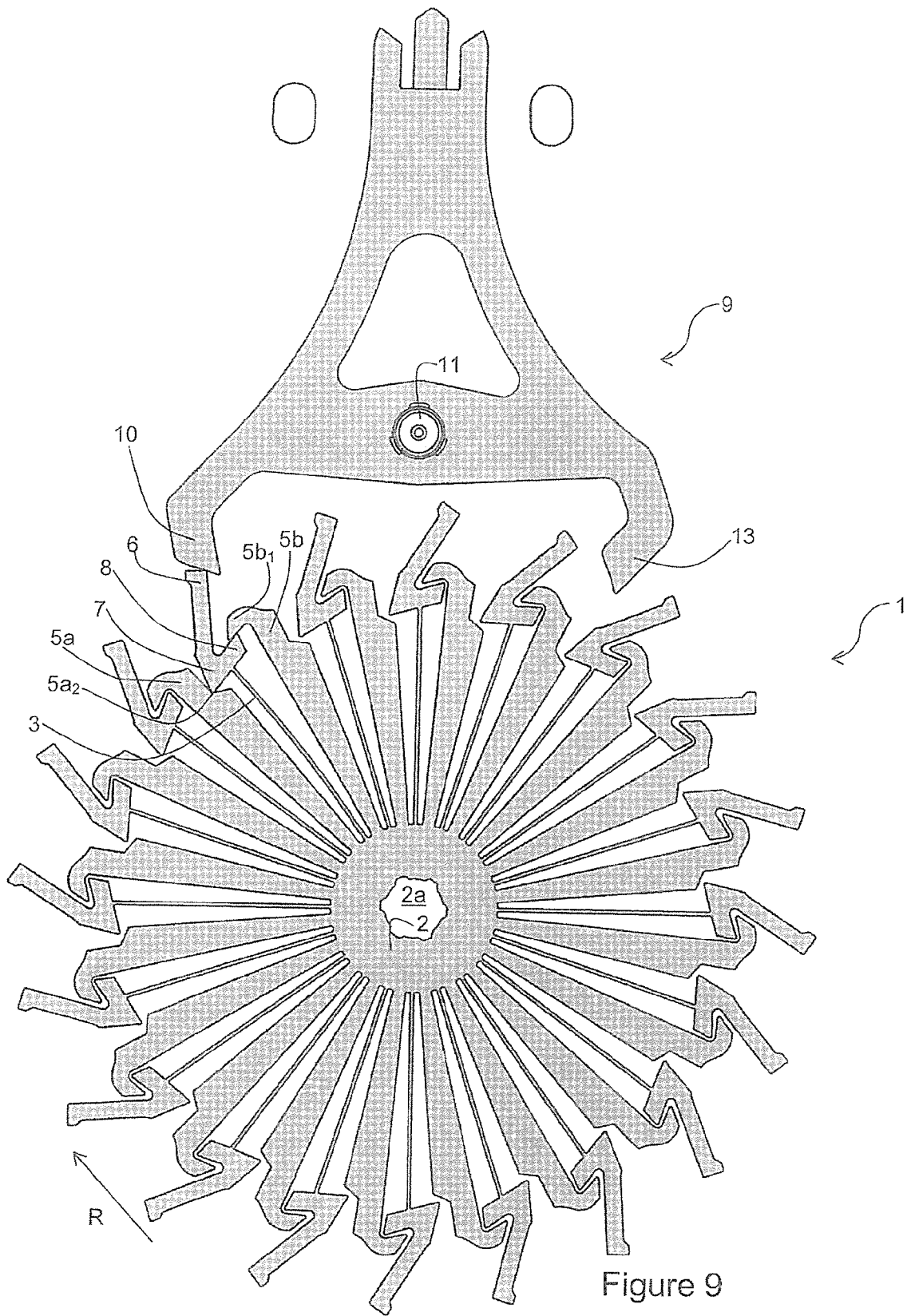


Figure 8





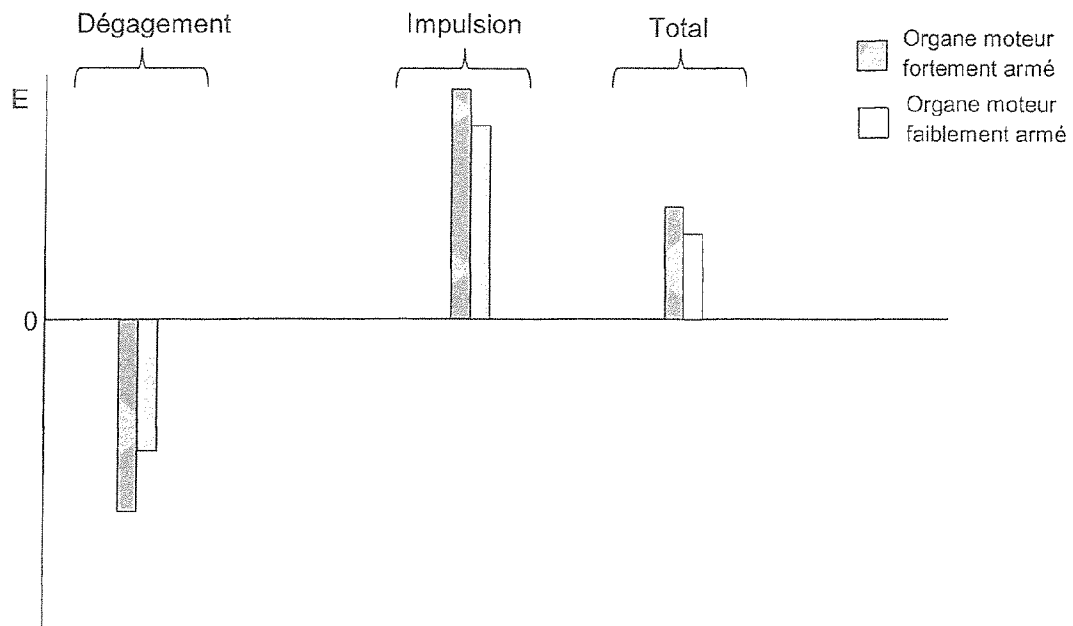


Figure 11

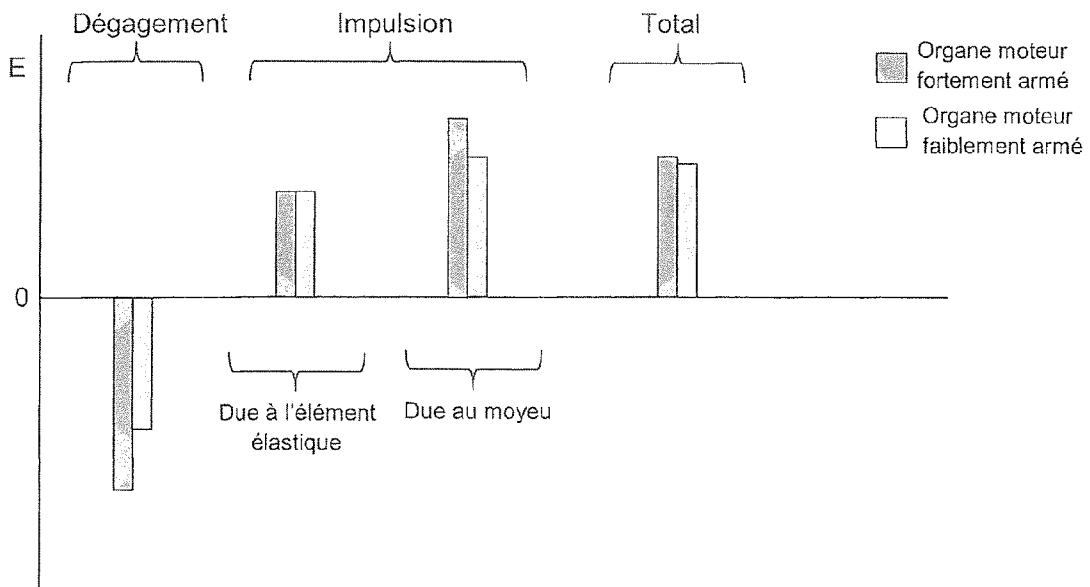


Figure 12