



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
05.06.2019 Bulletin 2019/23

(51) Int Cl.:
G04B 15/06 (2006.01) G04B 15/08 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17205173.2**

(22) Date de dépôt: **04.12.2017**

(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:
MA MD TN

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

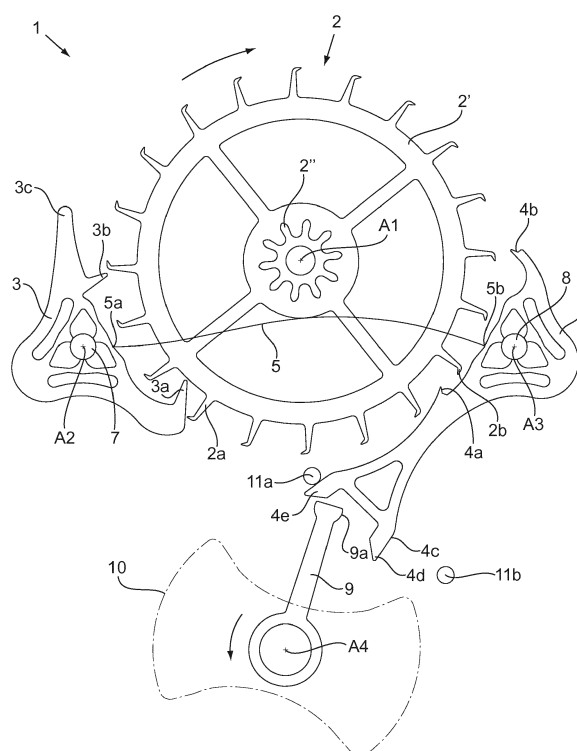
(72) Inventeur: **OES, Stéphane**
2300 La Chaux-de-Fonds (CH)

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

(54) **ECHAPPEMENT D'HORLOGERIE A LAME BISTABLE**

(57) L'invention porte sur un échappement d'horlogerie (1) comprenant un organe d'entraînement (2), un organe élastique bistable (5), un organe d'armage (3) agencé pour être entraîné par l'organe d'entraînement (2) afin d'armer l'organe élastique bistable (5) pendant des phases d'armage, un organe de blocage (4a, 4b) pour bloquer l'organe d'entraînement (2) à la fin de chaque phase d'armage et un organe d'impulsion (4c) agencé pour être entraîné par une détente de l'organe élastique bistable (5) déclenchée par un oscillateur (10) après chaque phase d'armage afin de communiquer une impulsion à l'oscillateur (10). L'échappement (1) est caractérisé en ce qu'il est agencé pour que, à la fin de chaque phase d'armage, l'organe élastique bistable (5) soit déformé au-delà d'un état instable d'armage maximum.

Fig.1



Description

[0001] La présente invention concerne un échappement d'horlogerie, c'est-à-dire un mécanisme servant à entretenir et compter les oscillations d'un oscillateur horloger.

[0002] La présente invention concerne plus particulièrement un échappement à force constante comprenant un organe élastique bistable recevant périodiquement de l'énergie d'un organe moteur, par exemple un barillet, et la communiquant à l'oscillateur. Des échappements de ce type sont décrits dans les demandes de brevet WO 99/64936, WO 2009/118310, CH 705674, WO 2014/037319 et WO 2016/113704. Ces échappements délivrent périodiquement une même quantité d'énergie à l'oscillateur et rendent donc ses oscillations indépendantes de l'état d'armage de l'organe moteur.

[0003] Concrètement, de tels échappements comprennent une lame élastique bistable à laquelle sont couplées une bascule d'armage et une bascule dite d'impulsion ou de détente. La bascule d'armage est entraînée périodiquement pendant des phases d'armage par un ou des mobiles d'échappement pour armer la lame élastique bistable depuis l'un de ses états stables jusqu'à un état métastable proche d'un état instable correspondant à un armage maximum. Après chaque phase d'armage, l'oscillateur frappe la bascule d'impulsion - on appelle cette action le « dégageement » - afin de fournir à la lame élastique bistable l'énergie manquante pour la déformer au-delà de son état instable, ce qui déclenche le basculement de la lame élastique bistable vers son autre état stable. Ce basculement entraîne la bascule d'impulsion, laquelle communique une impulsion d'énergie mécanique à l'oscillateur.

[0004] Pour la précision du moment où l'impulsion est communiquée à l'oscillateur, et donc pour la bonne régularité des oscillations, il est important que la lame élastique bistable soit réactive, c'est-à-dire que son basculement soit déclenché dès que l'oscillateur vient frapper la bascule d'impulsion. Cela nécessite d'armer la lame élastique bistable précisément jusqu'à l'état métastable pour qu'elle soit le plus proche possible de l'état instable à la fin de l'armage, ce qui en pratique est très difficile à obtenir compte tenu de la sensibilité de la lame. La présente invention vise à remédier à cet inconvénient.

[0005] A cette fin, il est proposé un échappement d'horlogerie selon la revendication 1, à savoir un échappement d'horlogerie comprenant un organe d'entraînement, un organe élastique bistable, un organe d'armage agencé pour être entraîné par l'organe d'entraînement afin d'armer l'organe élastique bistable pendant des phases d'armage, un organe de blocage pour bloquer l'organe d'entraînement à la fin de chaque phase d'armage et un organe d'impulsion agencé pour être entraîné par une détente de l'organe élastique bistable déclenchée par un oscillateur après chaque phase d'armage afin de communiquer une impulsion à l'oscillateur, caractérisé en ce qu'il est agencé pour que, à la fin de chaque phase

d'armage, l'organe élastique bistable soit déformé au-delà d'un état instable d'armage maximum.

[0006] La présente invention propose aussi une pièce d'horlogerie, notamment une montre-bracelet, comprenant un échappement d'horlogerie tel que défini ci-dessus.

[0007] La présente invention propose enfin un procédé de fonctionnement d'un échappement d'horlogerie selon la revendication 16 et un procédé de réalisation d'un échappement d'horlogerie selon la revendication 17.

[0008] La présente demanderesse a constaté que dans les échappements à lame élastique bistable selon la technique antérieure, surtout ceux dans lesquels la lame élastique bistable est solidaire de la bascule d'armage et de la bascule d'impulsion à ses deux extrémités (WO 2014/037319 et WO 2016/113704), la lame élastique bistable peut occuper un état métastable intermédiaire avant son état instable d'armage maximum pendant la rotation de la bascule d'impulsion lors du dégageement. Cet état métastable intermédiaire apparaît lorsque l'armage à la fin des phases d'armage n'est pas suffisant en ce sens que l'état métastable proche de l'état instable d'armage maximum n'est pas atteint. Cet état métastable intermédiaire constitue un point dur qu'il faut surmonter pendant le dégageement et qui retarde la libération d'énergie, entraînant une perte de réactivité de la lame élastique bistable et donc une imprécision de l'instant de l'impulsion. Dans la présente invention, en déformant l'organe élastique bistable au-delà de son état instable d'armage maximum pendant la phase d'armage, l'organe élastique bistable commence à basculer avant la fin de la phase d'armage, c'est-à-dire avant d'être immobilisé par l'organe de blocage, si bien que dès le dégageement il libère son énergie qui est ainsi immédiatement délivrée à l'organe d'impulsion.

[0009] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière de la description détaillée suivante faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- les figures 1 à 10 montrent en vue de dessus, et à différents instants pendant son cycle de fonctionnement, un échappement d'horlogerie selon un mode de réalisation particulier de l'invention, coopérant avec un oscillateur ;
- la figure 11 montre une succession d'états que peut prendre une lame élastique bistable pendant un demi-cycle de fonctionnement d'un échappement selon la technique antérieure.

[0010] Dans la suite de cette description, les expressions « sens horaire » et sens antihoraire » se rapporteront à l'échappement tel qu'il est représenté en vue de dessus aux figures 1 à 10.

[0011] En référence à la figure 1, un échappement 1 selon un mode de réalisation particulier de l'invention, pour un mouvement horloger mécanique notamment pour montre-bracelet, comprend un mobile d'échappe-

ment 2, une bascule d'armage 3, une bascule de blocage et d'impulsion 4, dite également bascule de détente ou ancre, et une lame élastique 5 reliant les bascules 3, 4.

[0012] Le mobile d'échappement 2 comprend une roue d'échappement 2' et un pignon d'échappement 2" coaxiaux et solidaires. Le mobile d'échappement 2 est entraîné de manière classique dans le sens horaire autour d'un premier axe imaginaire A1 par l'organe moteur du mouvement horloger via un rouage de finissage (non représenté) dont la dernière roue engrène avec le pignon d'échappement 2". L'organe moteur du mouvement horloger (non représenté) est typiquement constitué par un ou plusieurs barilletts.

[0013] La bascule d'armage 3 est rotative autour d'un deuxième axe imaginaire A2 et comprend une première dent d'armage 3a et une deuxième dent d'armage 3b.

[0014] La bascule de blocage et d'impulsion 4 est rotative autour d'un troisième axe imaginaire A3 et comprend un premier bec de blocage 4a, un deuxième bec de blocage 4b et une fourchette 4c. La fourchette 4c comprend des première et deuxième cornes 4d, 4e et peut être munie d'un dard à l'instar d'une ancre classique.

[0015] La bascule d'armage 3 et la bascule de blocage et d'impulsion 4 sont montées autour d'axes physiques 7, 8 qui définissent les deuxième et troisième axes imaginaires A2, A3. En variante, toutefois, ces axes physiques 7, 8 pourraient être remplacés par des pivots flexibles, par exemple des pivots flexibles à lames croisées séparées.

[0016] La bascule de blocage et d'impulsion 4 coopère par sa fourchette 4c avec une cheville ou ellipse 9a solidaire en rotation d'un oscillateur 10 (représenté schématiquement) servant de base de temps au mouvement et oscillant autour d'un quatrième axe imaginaire A4, la cheville 9a étant excentrée par rapport à cet axe A4. Dans l'exemple illustré, la cheville 9a est constituée par l'extrémité d'un doigt 9 coaxial et solidaire en rotation de l'oscillateur 10. La cheville 9a pourrait néanmoins être sous la forme classique d'un cylindre porté par l'une des deux faces d'un plateau coaxial et solidaire de l'oscillateur 10. L'oscillateur 10 peut être sous la forme d'un balancier-spiral ou d'un oscillateur à pivot flexible sans axe de rotation physique, par exemple. Des première et deuxième butées 11a, 11b limitent le déplacement angulaire de la bascule de blocage et d'impulsion 4 dans les deux sens de rotation.

[0017] Les quatre axes imaginaires A1 à A4 sont typiquement distincts les uns des autres mais l'invention n'exclut pas que certains d'entre eux soient confondus.

[0018] Les deux extrémités 5a, 5b de la lame élastique 5 sont solidaires angulairement de la bascule d'armage 3 et de la bascule de blocage et d'impulsion 4, respectivement. Elles sont par exemple soudées aux bascules 3, 4. La lame élastique bistable 5 pourrait aussi être monobloc (en une seule pièce de fabrication) avec les bascules 3, 4. La distance entre ces deux extrémités 5a, 5b est plus courte que la longueur de la lame élastique 5 au repos, si bien que la lame élastique 5 dans l'échappe-

ment 1 est précontrainte en flambage. La lame élastique 5 peut ainsi occuper des premier et deuxième états stables, correspondant à des niveaux d'énergie bas, où elle présente une forme convexe (déformation de premier ordre), la convexité s'inversant d'un état stable à l'autre.

[0019] Les figures 1 à 10 montrent les différentes phases du cycle de fonctionnement de l'échappement.

[0020] Dans une première phase (figures 1 et 2), le mobile d'échappement 2 est entraîné en rotation dans le sens horaire par l'organe moteur du mouvement et la lame élastique 5 maintient la bascule de blocage et d'impulsion 4 en appui contre la première butée 11a. Une dent 2a de la roue d'échappement 2' entre en contact avec la première dent d'armage 3a et glisse sur un flanc de cette dernière, contre l'action de la lame élastique 5, pour faire pivoter la bascule d'armage 3 dans le sens horaire. Ce pivotement de la bascule d'armage 3 arme la lame élastique 5 depuis son premier état stable jusqu'à ce qu'une autre dent 2b de la roue d'échappement 2' vienne buter contre le premier bec de blocage 4a de la bascule de blocage et d'impulsion 4, comme montré à la figure 3. L'appui de cette dent 2b contre le premier bec de blocage 4a, par un effet de tirage, maintient la bascule de blocage et d'impulsion 4 contre la première butée 11a et bloque la roue d'échappement 2'. Le dimensionnement des composants 2', 3, 4 et 5 est choisi pour que, dans la configuration de blocage illustrée à la figure 3, la lame élastique 5 soit déformée au-delà d'un état instable d'armage maximum, c'est-à-dire ait déjà commencé à basculer vers son deuxième état stable. Dans cette configuration, la lame élastique 5 présente une forme ondulée (déformation de deuxième ordre), correspondant à un niveau d'énergie haut, légèrement moins haut que le niveau d'énergie de l'état instable d'armage maximum. Ainsi, avant le blocage, la lame élastique 5 commence à se détendre, ce qui éloigne la bascule de blocage et d'impulsion 4 de la première butée 11a, mais les dents de la roue d'échappement 2' sont suffisamment longues pour que la dent 2b puisse attraper le bec de blocage 4a et plaquer la bascule de blocage et d'impulsion 4 contre la première butée 11a. Le blocage de la bascule de blocage et d'impulsion 4 par la roue d'échappement 2' empêche la lame élastique 5 de poursuivre son basculement vers son deuxième état stable.

[0021] Pendant cette première phase, d'armage et de blocage, l'oscillateur 10 effectue son arc supplémentaire, c'est-à-dire pivote sans interaction avec l'échappement 1. Après avoir atteint son elongation maximale dans le sens antihoraire, son sens de rotation s'inverse et la cheville 9a entre dans la fourchette 4c (figure 3).

[0022] Dans une deuxième phase, de dégagement et d'impulsion (figure 4), la cheville 9a percute la face interne de la première corne 4d et fait ainsi pivoter la bascule de blocage et d'impulsion 4 dans le sens antihoraire, ce qui libère la roue d'échappement 2' et la lame élastique 5 (dégagement). La lame élastique 5 bascule vers son deuxième état stable (figure 5). L'énergie libérée par la lame élastique 5 pendant ce basculement est transmise

à la bascule de blocage et d'impulsion 4 qui pivote brusquement dans le sens antihoraire pour percuter à son tour, mais avec une force bien plus grande, la cheville 9a par la face interne de sa deuxième corne 4e et communiquer ainsi une impulsion d'énergie mécanique à l'oscillateur 10, lequel poursuit son mouvement dans le sens horaire. La roue d'échappement 2' perd le contact avec la bascule d'armage 3, plus précisément avec la première dent d'armage 3a, et parcourt une chute définie pour garantir un bon déroulement de la séquence, notamment pour garantir que le début du réarmage soit effectué après l'impulsion. A la fin de cette deuxième phase (figure 6), la lame élastique 5 est dans son deuxième état stable, la bascule de blocage et d'impulsion 4 est en appui contre la deuxième butée 11b, la bascule d'armage 3 est positionnée par la lame élastique 5 pour permettre une coopération entre la deuxième dent d'armage 3b et la roue d'échappement 2' et la cheville 9a sort de la fourchette 4c.

[0023] Dans une troisième phase, une dent 2c de la roue d'échappement 2' entre en contact avec la deuxième dent d'armage 3b et glisse sur un flanc de cette dernière, contre l'action de la lame élastique 5, pour faire pivoter la bascule d'armage 3 dans le sens antihoraire (figure 7). Ce pivotement de la bascule d'armage 3 arme la lame élastique 5 depuis son deuxième état stable jusqu'à ce qu'une autre dent 2d de la roue d'échappement 2' vienne buter contre le deuxième bec de blocage 4b de la bascule de blocage et d'impulsion 4, comme montré à la figure 8. L'appui de cette dent 2d contre le deuxième bec de blocage 4b, par un effet de tirage, maintient la bascule de blocage et d'impulsion 4 contre la deuxième butée 11b et bloque la roue d'échappement 2'. Le dimensionnement des composants 2', 3, 4 et 5 est choisi pour que, dans la configuration de blocage illustrée à la figure 8, la lame élastique 5 soit déformée au-delà d'un état instable d'armage maximum, c'est-à-dire ait déjà commencé à basculer vers son premier état stable. Dans cette configuration, la lame élastique 5 présente une forme ondulée (déformation de deuxième ordre), correspondant à un niveau d'énergie haut, légèrement moins haut que le niveau d'énergie de l'état instable d'armage maximum. Ainsi, avant le blocage, la lame élastique 5 commence à se détendre, ce qui éloigne la bascule de blocage et d'impulsion 4 de la deuxième butée 11b, mais les dents de la roue d'échappement 2' sont suffisamment longues pour que la dent 2d puisse attraper le bec de blocage 4b et plaquer la bascule de blocage et d'impulsion 4 contre la deuxième butée 11b. Le blocage de la bascule de blocage et d'impulsion 4 par la roue d'échappement 2' empêche la lame élastique 5 de poursuivre son basculement vers son premier état stable.

[0024] Pendant cette troisième phase, d'armage et de blocage, l'oscillateur 10 effectue son arc supplémentaire. Après avoir atteint son élancement maximale dans le sens horaire, son sens de rotation s'inverse et la cheville 9a entre dans la fourchette 4c (figure 8).

[0025] Dans une quatrième phase, de dégagement et

d'impulsion (figure 9), la cheville 9a percute la face interne de la deuxième corne 4e et fait ainsi pivoter la bascule de blocage et d'impulsion 4 dans le sens horaire, ce qui libère la roue d'échappement 2' et la lame élastique 5 (dégagement). La lame élastique 5 bascule vers son premier état stable (figure 10). L'énergie libérée par la lame élastique 5 pendant ce basculement est transmise à la bascule de blocage et d'impulsion 4 qui pivote brusquement dans le sens horaire pour percuter à son tour, mais avec une force bien plus grande, la cheville 9a par la face interne de sa première corne 4d et communiquer ainsi une impulsion d'énergie mécanique à l'oscillateur 10, lequel poursuit son mouvement dans le sens antihoraire. La roue d'échappement 2' perd le contact avec la bascule d'armage 3, plus précisément avec la deuxième dent d'armage 3b, et parcourt une chute définie pour garantir un bon déroulement de la séquence, notamment pour garantir que le début du réarmage soit effectué après l'impulsion. A la fin de cette quatrième phase (figure 1), la lame élastique 5 est dans son premier état stable, la bascule de blocage et d'impulsion 4 est en appui contre la première butée 11a, la bascule d'armage 3 est positionnée par la lame élastique 5 pour permettre une coopération entre la première dent d'armage 3a et la roue d'échappement 2' et la cheville 9a sort de la fourchette 4c.

[0026] Puis le cycle comprenant les première à quatrième phases se répète.

[0027] Cet échappement 1 est du type à force constante en ce sens qu'une même quantité d'énergie est communiquée périodiquement à l'oscillateur 10 quel que soit l'état d'armage de l'organe moteur du mouvement, favorisant ainsi l'isochronisme.

[0028] Le blocage de la roue d'échappement 2' au-delà du point d'instabilité de la lame élastique 5 permet d'éviter la formation d'un état métastable intermédiaire (de troisième ordre, c'est-à-dire à trois bosses) pendant le dégagement. Un tel état métastable intermédiaire est montré à la figure 11(c) pour une lame élastique bistable 5' d'un échappement selon la technique antérieure dont les deux extrémités sont solidaires respectivement d'une bascule d'armage 3' et d'une bascule de blocage 4' (représentées schématiquement). A la figure 11(a) on voit la lame élastique 5' dans son premier état stable. A la figure 11(b) la lame élastique 5' est dans son état armé à la fin de la phase d'armage et l'état instable d'armage maximum n'a pas encore été atteint. Si cet état armé n'est pas suffisamment proche de l'état instable d'armage maximum - il est difficile en pratique d'armer la lame élastique 5' avec précision en raison de sa grande sensibilité - l'état métastable intermédiaire de troisième ordre illustré à la figure 11(c) apparaît pendant le pivotement de la bascule de blocage 4' par l'oscillateur lors du dégagement. Passer cet état métastable intermédiaire demande du temps et retarde la libération d'énergie par la lame élastique 5'. Dans la présente invention, au contraire, aucun point dur n'est à vaincre pendant le dégagement et la lame élastique 5 réagit immédiatement après le dégagement. L'instant où l'impulsion est com-

muniquée à l'oscillateur 10 peut être mieux maîtrisé, ce qui favorise aussi l'isochronisme.

[0029] Une autre caractéristique qui améliore la précision de l'instant de l'impulsion est le fait que la bascule de blocage et d'impulsion 4 coopère directement avec la roue d'échappement 2' pour le blocage et le déblocage de cette dernière. Cette coopération directe évite en effet de faire intervenir la lame élastique 5 pour le déblocage de la roue d'échappement 2', la lame élastique 5 restant donc libre de fournir son énergie à la bascule de blocage et d'impulsion 4 au moment opportun. L'échappement 1 selon l'invention présente ainsi l'avantage d'un fonctionnement statique et d'une construction robuste.

[0030] De préférence, l'impulsion communiquée par la bascule de blocage et d'impulsion 4 à l'oscillateur 10 est telle que décrite dans la demande de brevet internationale n° PCT/IB2017/053706 de la demanderesse, qui est incorporée dans la présente demande par renvoi, c'est-à-dire en un seul choc, sans accompagnement de la cheville 9a par la bascule de blocage et d'impulsion 4. Une telle impulsion permet d'augmenter le rendement de l'échappement et d'améliorer la chronométrie du mouvement.

[0031] Afin de favoriser l'obtention d'une impulsion en un seul choc, plus précisément afin de permettre à la bascule de blocage et d'impulsion 4 de prendre suffisamment de vitesse avant l'impulsion et créer ainsi les conditions d'une impulsion en un seul choc, l'écartement E des cornes 4d, 4e (mesuré entre les points respectifs des cornes 4d, 4e qui percutent la cheville 9a lors des impulsions, cf. figure 5) est supérieur à 1,2 fois, de préférence à 1,3 fois, de préférence à 1,4 fois, de préférence à 1,5 fois, de préférence à 1,6 fois, de préférence à 1,7 fois, de préférence à 1,8 fois, de préférence à 1,9 fois, de préférence encore à 2 fois, le diamètre D de la cheville 9a. Le diamètre D de la cheville 9a est son diamètre à proprement parler, lorsque la cheville 9a est de forme semi-circulaire comme représenté, ou plus généralement sa plus grande dimension perpendiculairement au plan qui contient l'axe de rotation A4 de l'oscillateur 10 et qui constitue un plan de symétrie pour la cheville 9a. L'écartement E selon l'invention est ainsi supérieur à l'écartement de 1,06 (=0,35/0,33) fois le diamètre de la cheville que l'on observe classiquement dans les échappements.

[0032] Indépendamment de sa fonction de permettre une accélération de la bascule de blocage et d'impulsion 4 avant l'impulsion, le grand écartement E selon l'invention facilite la gestion du moment de déclenchement de l'impulsion par rapport à la position de l'oscillateur 10. Il est par exemple possible d'effectuer le dégagement et l'impulsion symétriquement par rapport à la ligne des centres (c'est-à-dire par rapport au plan contenant les axes A3 et A4), ou d'effectuer le dégagement sur la ligne des centres et l'impulsion après la ligne des centres, le choix se faisant en fonction des gains chronométriques.

[0033] Grâce aux butées 11a, 11b et au tirage que lui applique la roue d'échappement 2, la bascule de blocage

et d'impulsion 4 est bien positionnée pour recevoir la cheville 9a et est aussi sécurisée contre les chocs extérieurs pendant le blocage. La lame élastique 5 peut donc être dimensionnée spécifiquement pour transmettre une quantité d'énergie souhaitée à l'oscillateur 10, elle n'a pas besoin d'être dimensionnée pour assurer la sécurité de la bascule de blocage et d'impulsion 4. Dans une variante de l'invention, les butées 11a, 11b sont remplacées par une forme particulière des becs de blocage 4a, 4b, à l'instar des palettes de certaines ancrs d'échappement de la technique antérieure (cf. par exemple WO 2011/121432), cette forme particulière limitant, en coopération avec les dents de la roue d'échappement 2', le déplacement angulaire de la bascule de blocage et d'impulsion 4.

[0034] La bascule d'armage 3 est, elle, sécurisée contre les chocs par sa géométrie qui lui permet de buter immédiatement contre la roue d'échappement 2' en cas de choc reçu pendant le blocage de la roue d'échappement 2' (cf. figures 3 et 8) quel que soit le sens dans lequel le choc tend à faire tourner la bascule d'armage 3, la bascule d'armage 3 conservant ainsi sa position angulaire. Dans l'exemple illustré, pendant le blocage se produisant au cours de la première phase du cycle de fonctionnement (figure 3), un prolongement 3c de la bascule d'armage 3 bute immédiatement contre le sommet d'une dent de la roue d'échappement 2' en cas de choc tendant à faire tourner la bascule d'armage 3 dans le sens horaire, et le sommet de la première dent d'armage 3a bute immédiatement contre le sommet d'une autre dent de la roue d'échappement 2' en cas de choc tendant à faire tourner la bascule d'armage 3 dans le sens antihoraire. Pendant le blocage se produisant au cours de la troisième phase du cycle de fonctionnement (figure 8), le sommet de la deuxième dent d'armage 3b bute immédiatement contre le sommet d'une dent de la roue d'échappement 2' en cas de choc tendant à faire tourner la bascule d'armage 3 dans le sens horaire, et le sommet de la première dent d'armage 3a bute immédiatement contre la serge de la roue d'échappement 2' en cas de choc tendant à faire tourner la bascule d'armage 3 dans le sens antihoraire. La forme de la bascule d'armage 3 est aussi choisie pour équilibrer cette dernière, c'est-à-dire pour que son centre de masse soit sur l'axe de rotation A2.

[0035] Le nombre limité de pièces constituant l'échappement 1 et la faible inertie de ces pièces - chacun des composants 2', 3, 4, comme l'oscillateur 10 et son doigt 9, peut être fait au moins majoritairement dans un matériau léger tel que le silicium ou le verre - autorisent un fonctionnement à haute fréquence, de plusieurs dizaines de Hertz.

[0036] La lame élastique 5 peut être compensée thermiquement pour que son module d'élasticité ne varie pas, ou varie peu, en fonction de la température. Pour ce faire, on peut par exemple la revêtir d'une couche d'un matériau présentant un premier coefficient thermique du module d'élasticité de signe opposé à celui du matériau

de base de la lame élastique 5. Si la lame élastique 5 est en silicium, la couche pourra être en oxyde de silicium, formé par exemple par oxydation thermique.

[0037] L'échappement 1 tel que décrit ci-dessus, dans lequel la bascule d'armage 3 et la bascule de blocage et d'impulsion 4 coopèrent chacune directement avec le mobile d'échappement 2, plus précisément avec la roue d'échappement 2', et dans lequel la lame élastique 5 est jointe à ses deux extrémités auxdites bascules 3, 4, est également avantageux en ce qu'il présente un faible encombrement. Cependant, la présente invention peut s'appliquer aussi à une lame élastique bistable dont les deux extrémités ou l'une des deux extrémités sont/est fixe(s). Dans ce cas, par exemple, la lame élastique 5 serait plus longue et serait couplée à la bascule d'armage 3 et à la bascule de blocage et d'impulsion 4 en étant guidée entre deux goupilles portées par chacune de ces bascules.

[0038] Plus généralement, l'homme du métier comprendra que de nombreuses modifications de l'échappement 1 sont possibles.

[0039] L'invention pourrait par exemple s'appliquer aux agencements tels que décrits dans les demandes de brevet internationales n° PCT/IB2017/053666 et PCT/IB2017/053706 de la demanderesse et dans les demandes de brevet citées dans la partie introductive de la présente demande, toutes ces demandes de brevet étant incorporées dans la présente demande par renvoi, à condition d'en modifier le dimensionnement pour que la phase d'armage se poursuive au-delà de l'état instable d'armage maximum.

[0040] Au lieu d'être solidaires et même de former une seule pièce monobloc, à savoir la bascule de blocage et d'impulsion 4, comme représenté, l'organe de blocage que constituent les becs de blocage 4a, 4b et l'organe d'impulsion que constitue la fourchette 4c pourraient être séparés, par exemple sous forme de deux bascules mobiles l'une par rapport à l'autre mais couplées l'une à l'autre.

[0041] La bascule d'armage 3 et la bascule de blocage et d'impulsion 4 pourraient être reliées par plusieurs lames élastiques bistables plutôt que par une seule comme représenté.

[0042] L'échappement 1 pourrait comporter plusieurs mobiles d'échappement comme décrit dans la demande de brevet WO 99/64936.

[0043] Une autre modification pourrait consister à intervertir la fourchette 4c et la cheville 9a de telle sorte que la fourchette 4c fasse partie de l'oscillateur 10 et que la cheville 9a fasse partie de la bascule de blocage et d'impulsion 4.

[0044] Enfin, la bascule d'armage 3 et la bascule de blocage et d'impulsion 4, ou l'une d'entre elles, pourraient être remplacées par des organes mobiles en translation.

Revendications

1. Echappement d'horlogerie (1) comprenant un organe d'entraînement (2), un organe élastique bistable (5), un organe d'armage (3) agencé pour être entraîné par l'organe d'entraînement (2) afin d'armer l'organe élastique bistable (5) pendant des phases d'armage, un organe de blocage (4a, 4b) pour bloquer l'organe d'entraînement (2) à la fin de chaque phase d'armage et un organe d'impulsion (4c) agencé pour être entraîné par une détente de l'organe élastique bistable (5) déclenchée par un oscillateur (10) après chaque phase d'armage afin de communiquer une impulsion à l'oscillateur (10), **caractérisé en ce qu'il** est agencé pour que, à la fin de chaque phase d'armage, l'organe élastique bistable (5) soit déformé au-delà d'un état instable d'armage maximum.
2. Echappement d'horlogerie (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'organe élastique bistable (5) comprend au moins une lame élastique bistable.
3. Echappement d'horlogerie (1) selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les extrémités (5a, 5b) de la lame élastique bistable (5) ou de l'une au moins des lames élastiques bistables (5) sont solidaires respectivement de l'organe d'armage (3) et de l'organe d'impulsion (4c).
4. Echappement d'horlogerie (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'organe de blocage (4a, 4b) et l'organe d'impulsion (4c) sont solidaires l'un de l'autre.
5. Echappement d'horlogerie (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'organe de blocage (4a, 4b) et l'organe d'impulsion (4c) forment une seule pièce monobloc.
6. Echappement d'horlogerie (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'organe de blocage (4a, 4b) est agencé pour coopérer directement avec l'organe d'entraînement (2).
7. Echappement d'horlogerie (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'organe d'armage (3) est agencé pour coopérer directement avec l'organe d'entraînement (2).
8. Echappement d'horlogerie (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** l'organe d'entraînement (2) comprend au moins un mobile d'échappement (2).
9. Echappement d'horlogerie (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** l'organe d'entraînement (2) est un mobile d'échappement (2).

10. Echappement d'horlogerie (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** l'organe d'armage (3) est sous la forme d'une bascule.
11. Echappement d'horlogerie (1) selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** l'organe d'armage (3) comprend des parties (3a, 3b, 3c) lui permettant de buter immédiatement contre l'organe d'entraînement (2) en cas de choc reçu pendant le blocage de l'organe d'entraînement (2), quel que soit le sens dans lequel le choc tend à faire tourner l'organe d'armage (3).
12. Echappement d'horlogerie (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** l'organe de blocage (4a, 4b) et l'organe d'impulsion (4c) font partie d'une même bascule (4).
13. Echappement d'horlogerie (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens (11a, 11b) de limitation du déplacement angulaire de l'organe d'impulsion (4c).
14. Dispositif d'horlogerie (1, 10) comprenant un échappement (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 et un oscillateur (10) tel que mentionné dans la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'organe d'impulsion (4c) ou l'oscillateur (10) comprend une fourchette (4c) agencée pour coopérer avec une cheville (9a) de l'oscillateur (10) ou de l'organe d'impulsion (4c) respectivement, la fourchette comprenant des première et deuxième cornes (4d, 4e), et **en ce que** l'écartement (E) des première et deuxième cornes (4d, 4e) est supérieur à 1,2 fois, de préférence à 1,3 fois, de préférence à 1,4 fois, de préférence à 1,5 fois, de préférence à 1,6 fois, de préférence à 1,7 fois, de préférence à 1,8 fois, de préférence à 1,9 fois, de préférence encore à 2 fois, le diamètre (D) de la cheville (9a), ledit écartement (E) étant mesuré entre les points respectifs des première et deuxième cornes (4d, 4e) qui percutent ou sont percutés par la cheville (9a) lors desdites impulsions.
15. Pièce d'horlogerie, notamment montre-bracelet, comprenant un échappement selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 ou un dispositif selon la revendication 14.
16. Procédé de fonctionnement d'un échappement d'horlogerie (1) comprenant un organe d'entraînement (2), un organe élastique bistable (5), un organe d'armage (3), un organe de blocage (4a, 4b) et un organe d'impulsion (4c), le procédé comprenant des phases d'armage pendant lesquelles l'organe d'armage (3) est entraîné par l'organe d'entraînement (2) afin d'armer l'organe élastique bistable (5), l'organe d'entraînement (2) étant bloqué à la fin de chaque phase d'armage, l'organe d'impulsion (4c) étant entraîné par une détente de l'organe élastique bistable (5) déclenchée par un oscillateur (10) après chaque phase d'armage afin de communiquer une impulsion à l'oscillateur (10), **caractérisé en ce que**, à la fin de chaque phase d'armage, l'organe élastique bistable (5) est déformé au-delà d'un état instable d'armage maximum.
17. Procédé de réalisation d'un échappement d'horlogerie (1) comprenant un organe d'entraînement (2), un organe élastique bistable (5), un organe d'armage (3) agencé pour être entraîné par l'organe d'entraînement (2) afin d'armer l'organe élastique bistable (5) pendant des phases d'armage, un organe de blocage (4a, 4b) pour bloquer l'organe d'entraînement (2) à la fin de chaque phase d'armage et un organe d'impulsion (4c) agencé pour être entraîné par une détente de l'organe élastique bistable (5) déclenchée par un oscillateur (10) après chaque phase d'armage afin de communiquer une impulsion à l'oscillateur (10), le procédé comprenant une étape de conception de l'échappement (1) suivie d'une étape de fabrication de l'échappement (1), le procédé étant **caractérisé en ce que**, lors de l'étape de conception, les composants de l'échappement (1) sont dimensionnés pour qu'à la fin de chaque phase d'armage, l'organe élastique bistable (5) soit déformé au-delà d'un état instable d'armage maximum.

Fig.1

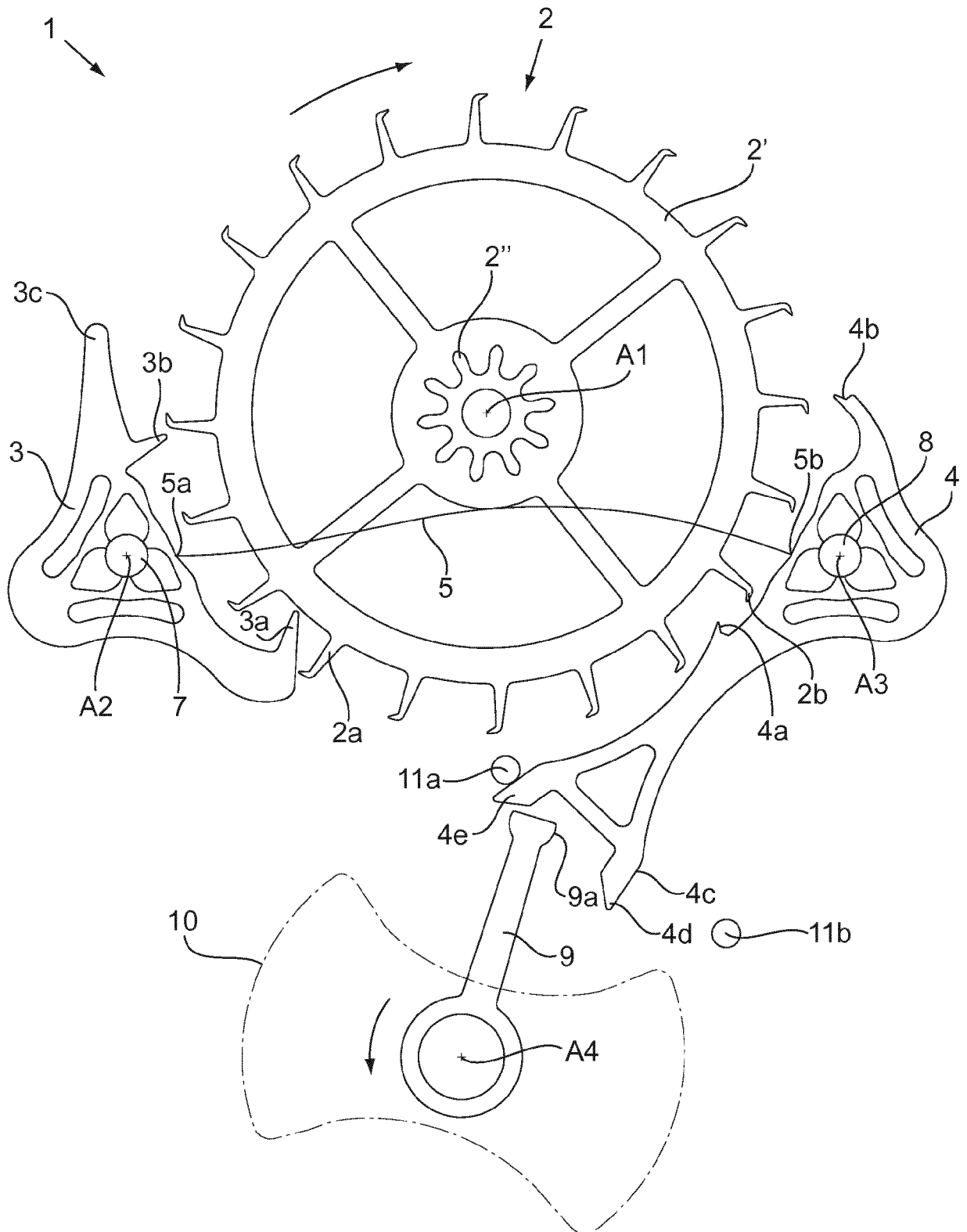


Fig.2

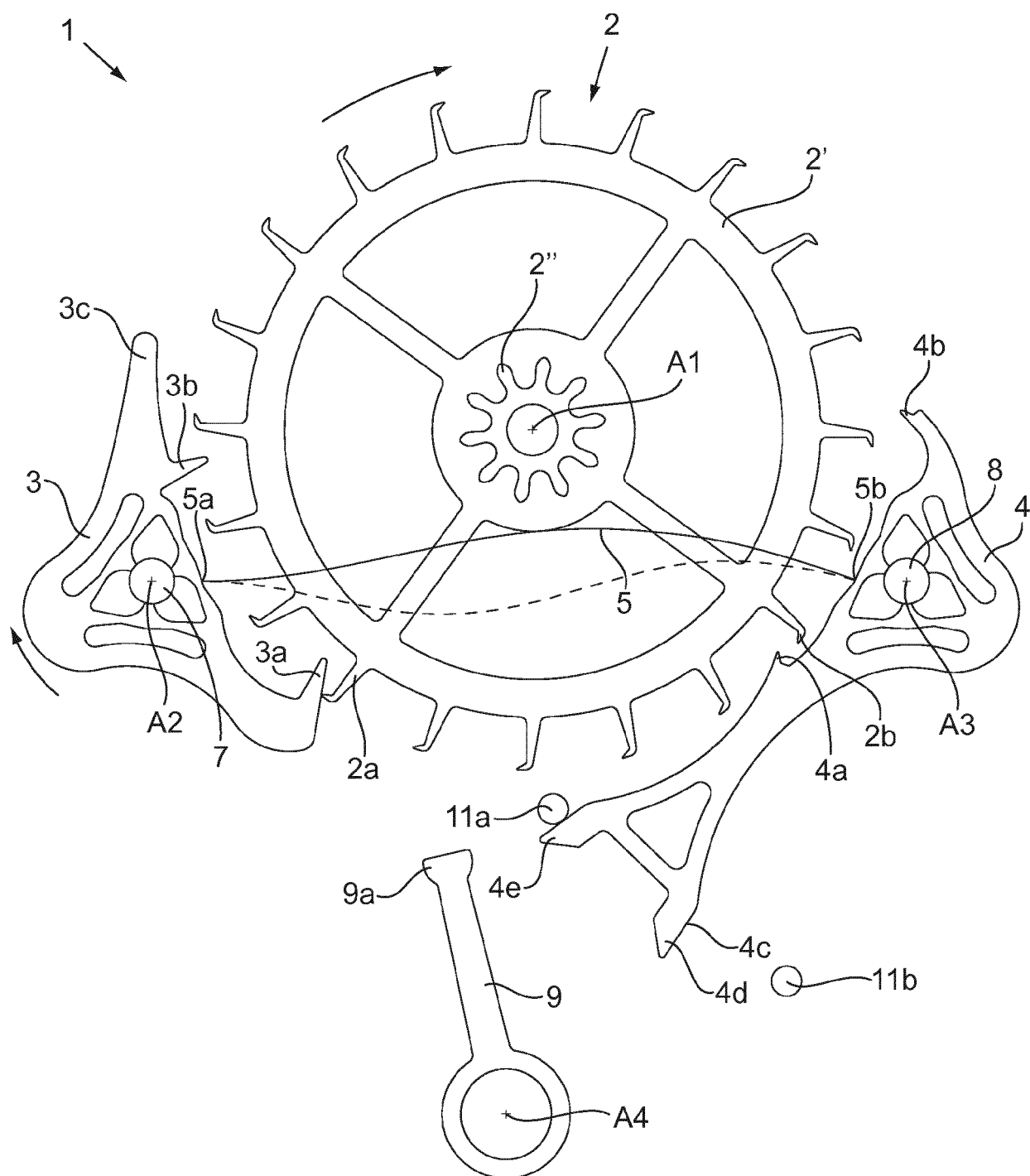


Fig.3

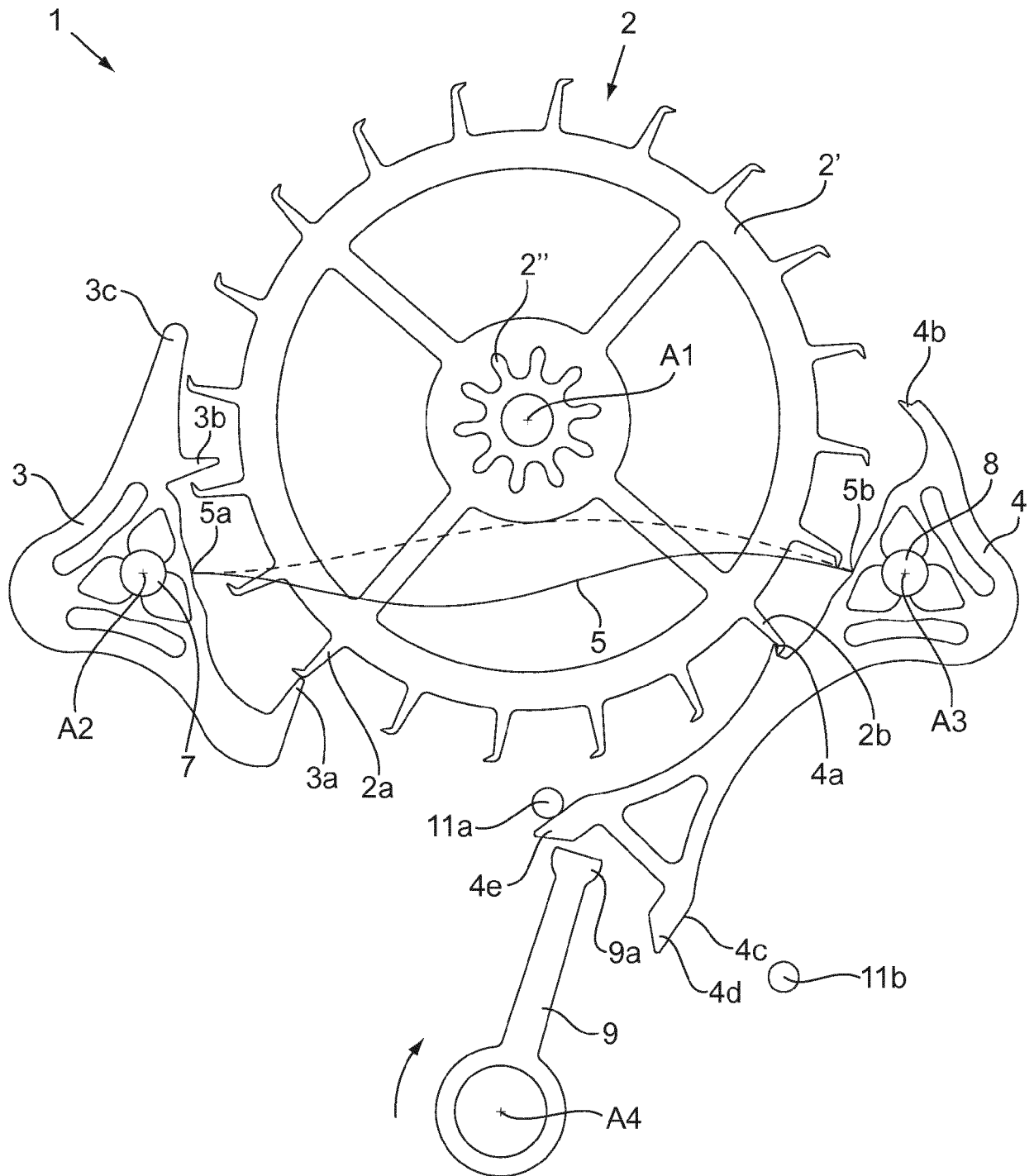


Fig.4

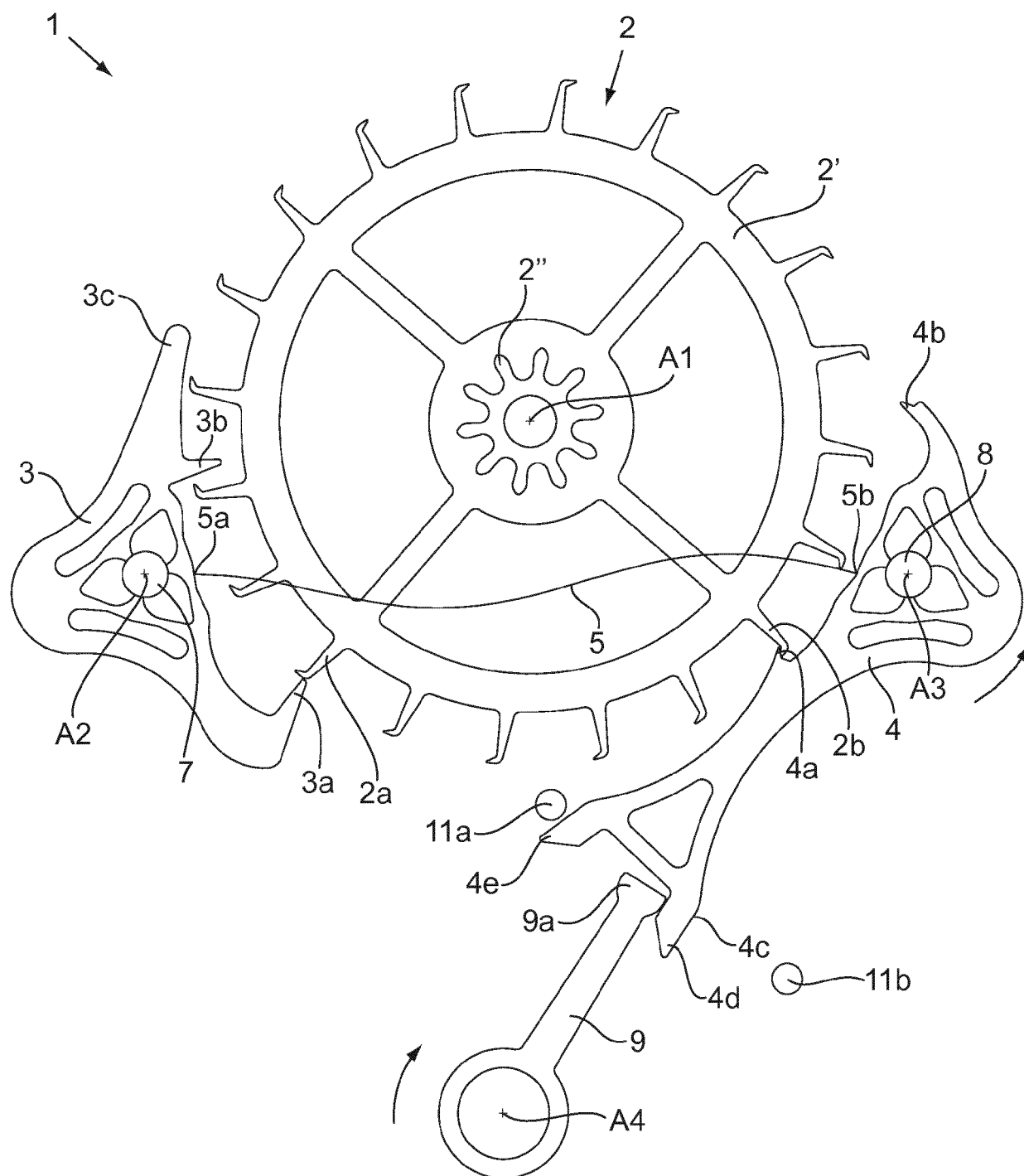


Fig.5

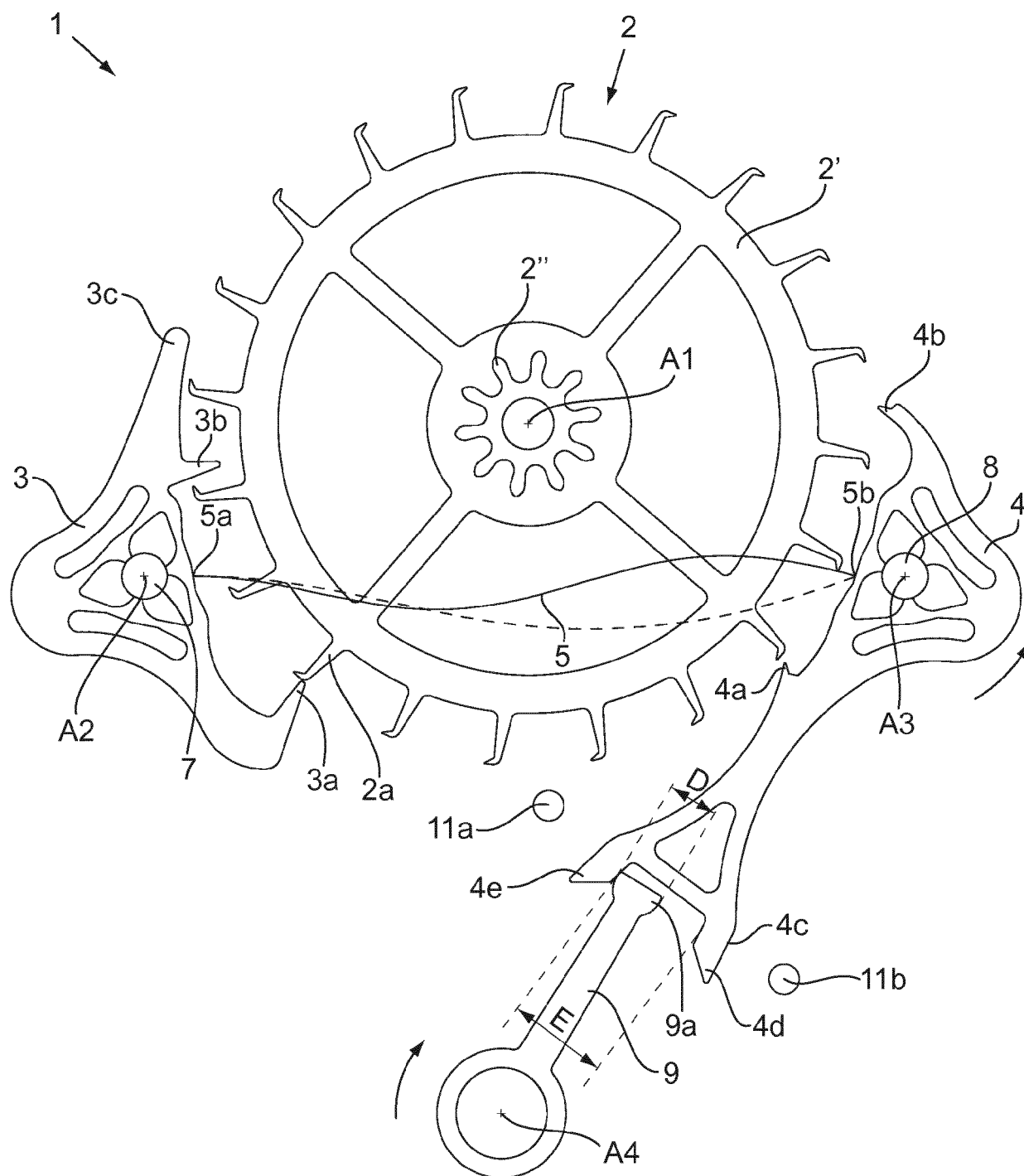


Fig.6

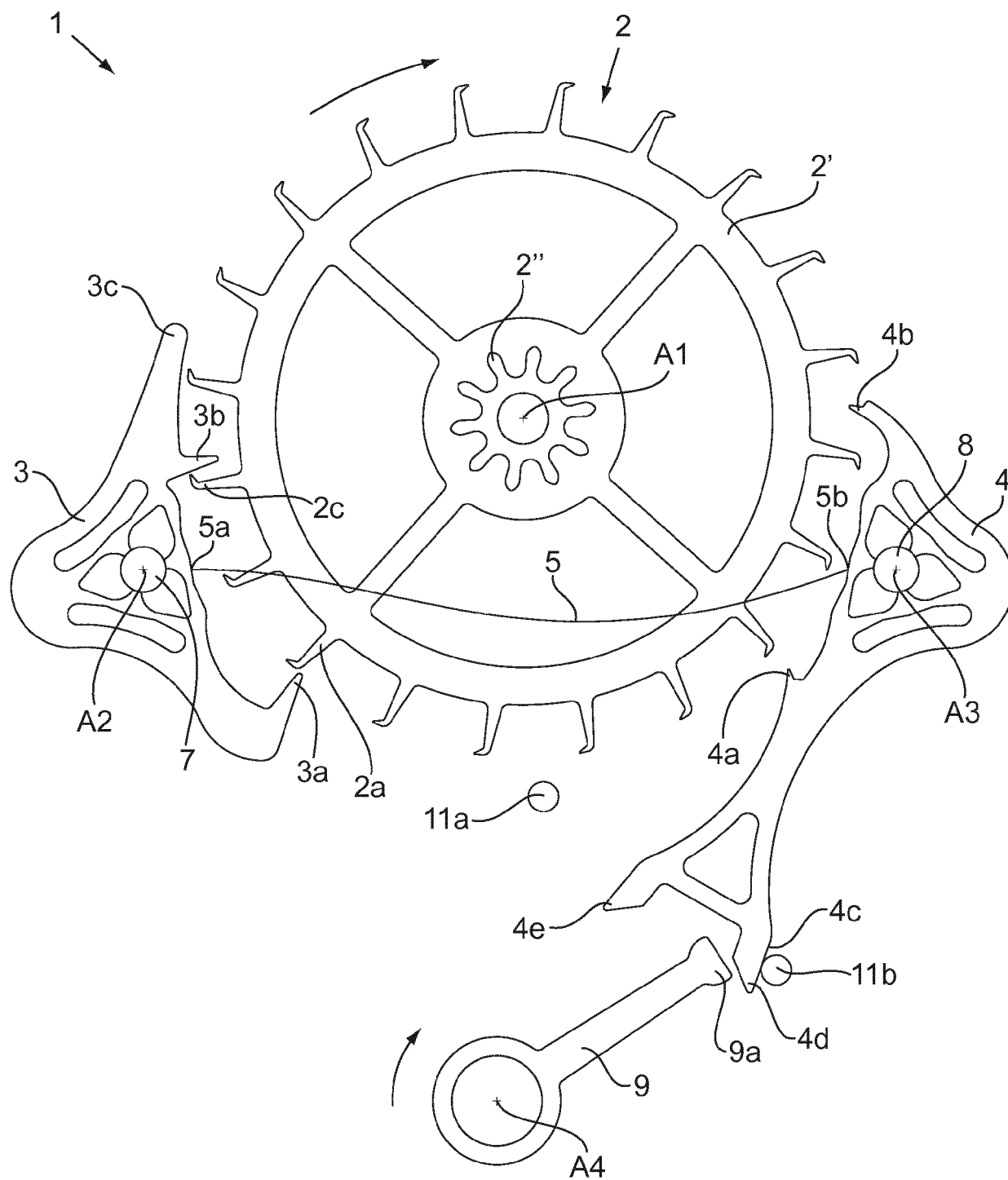


Fig.7

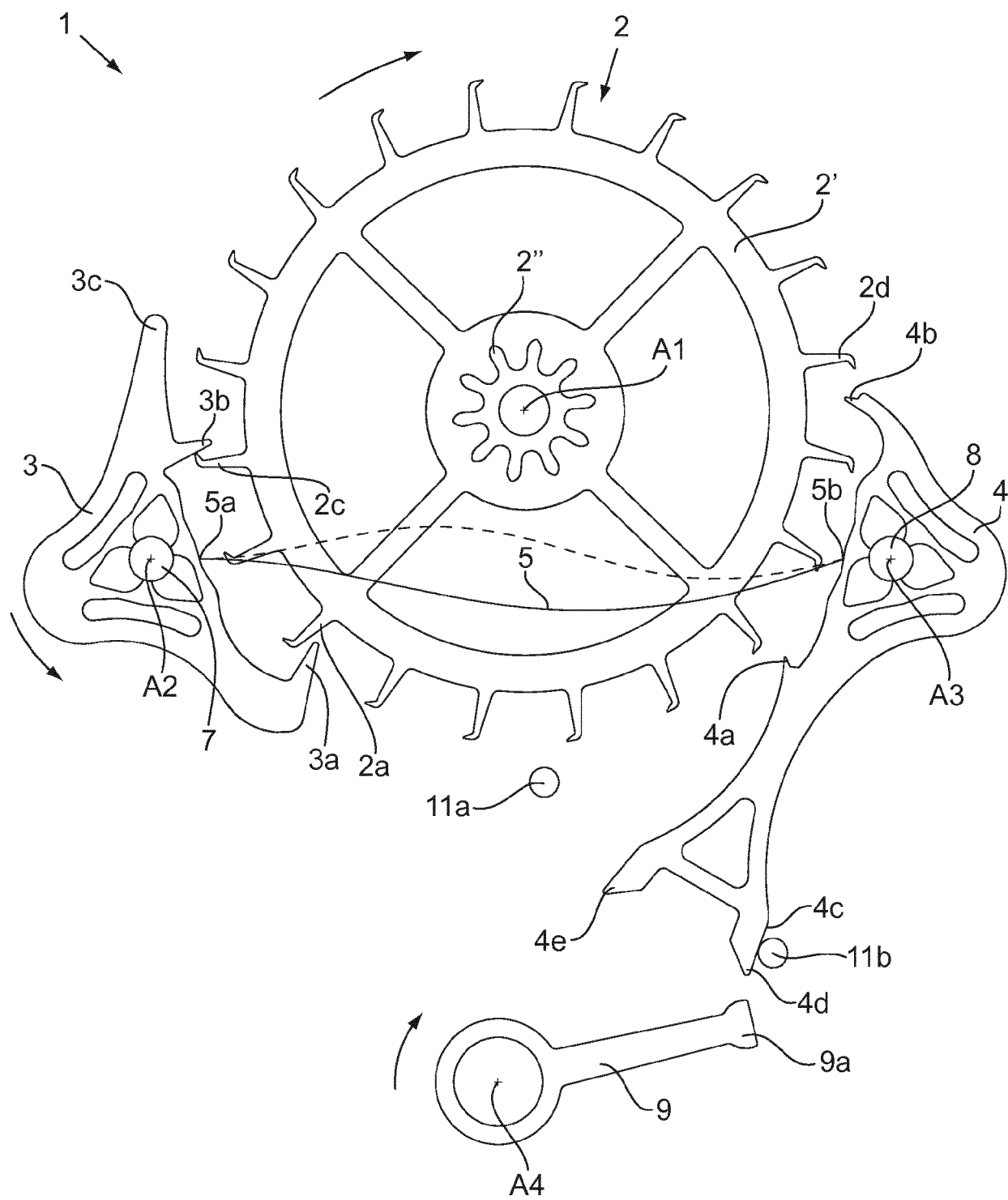


Fig.8

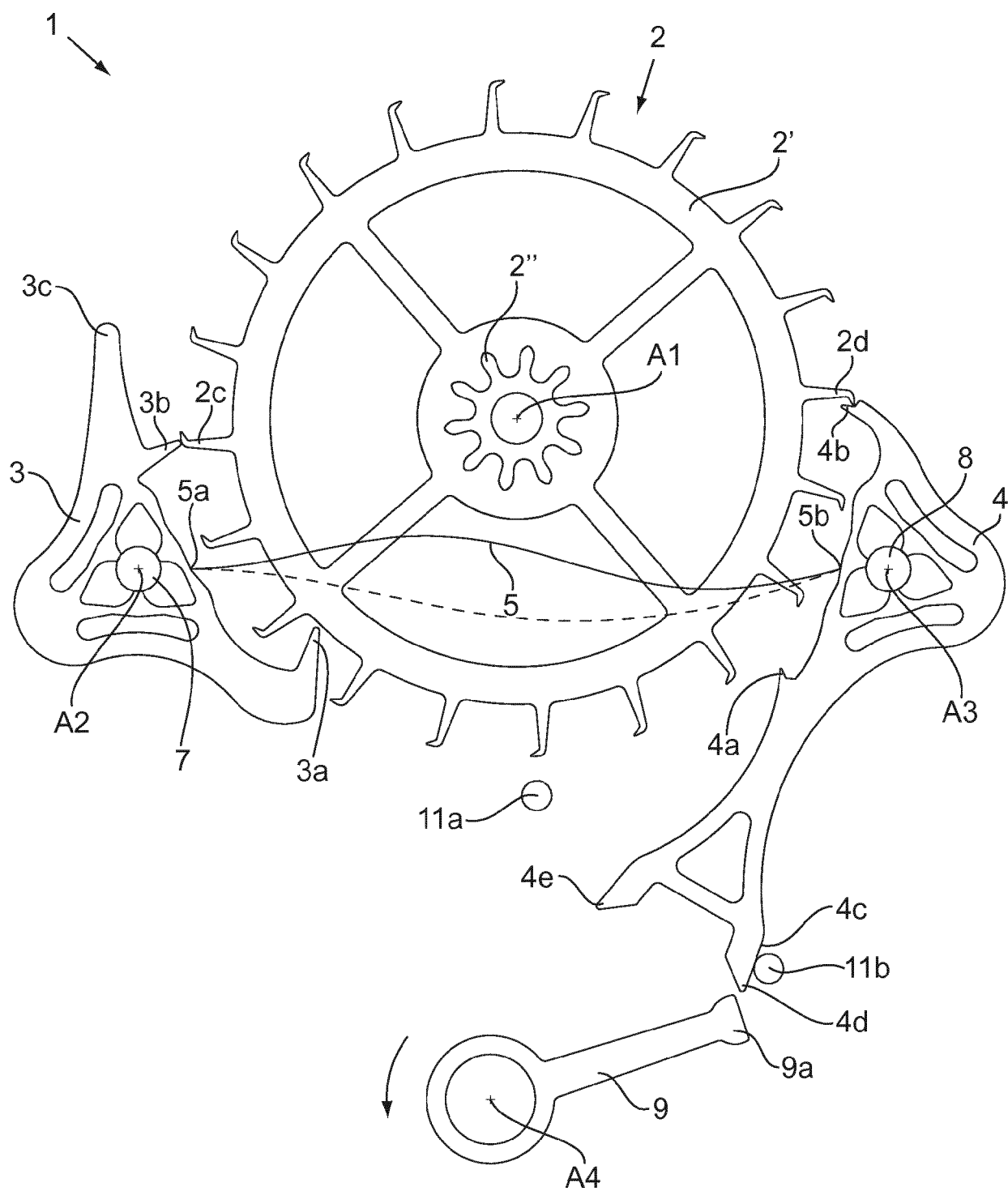


Fig.9

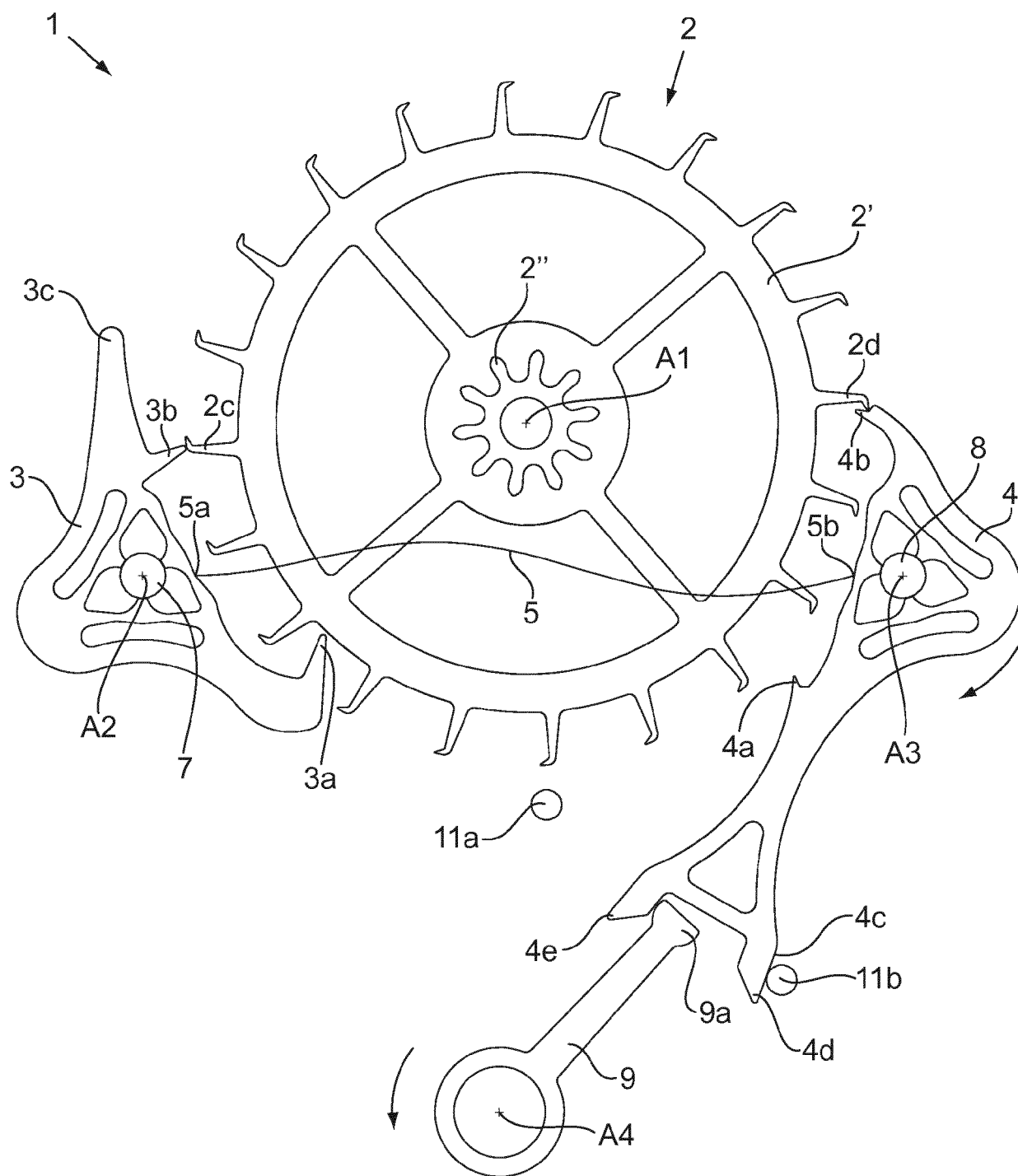


Fig.10

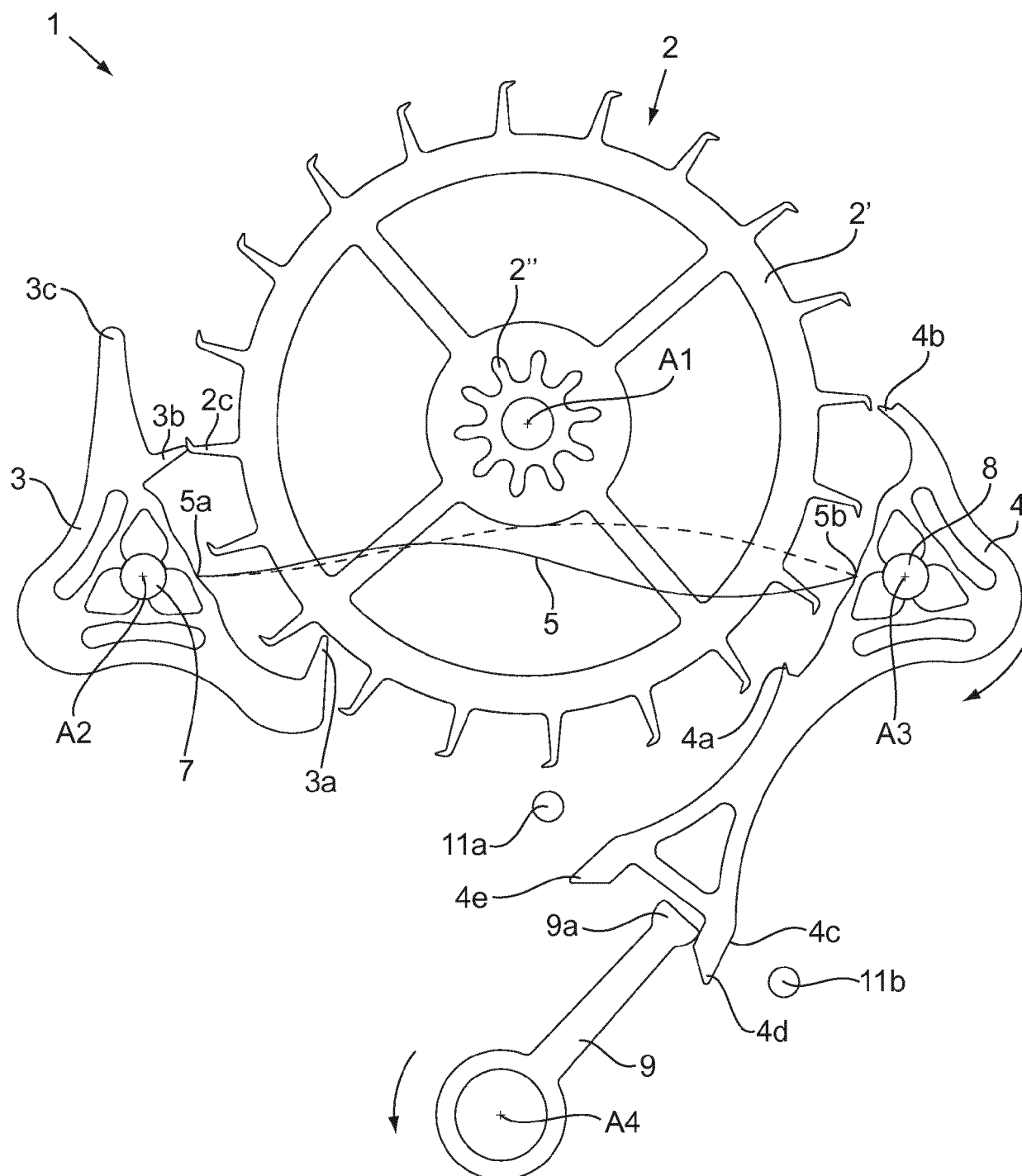
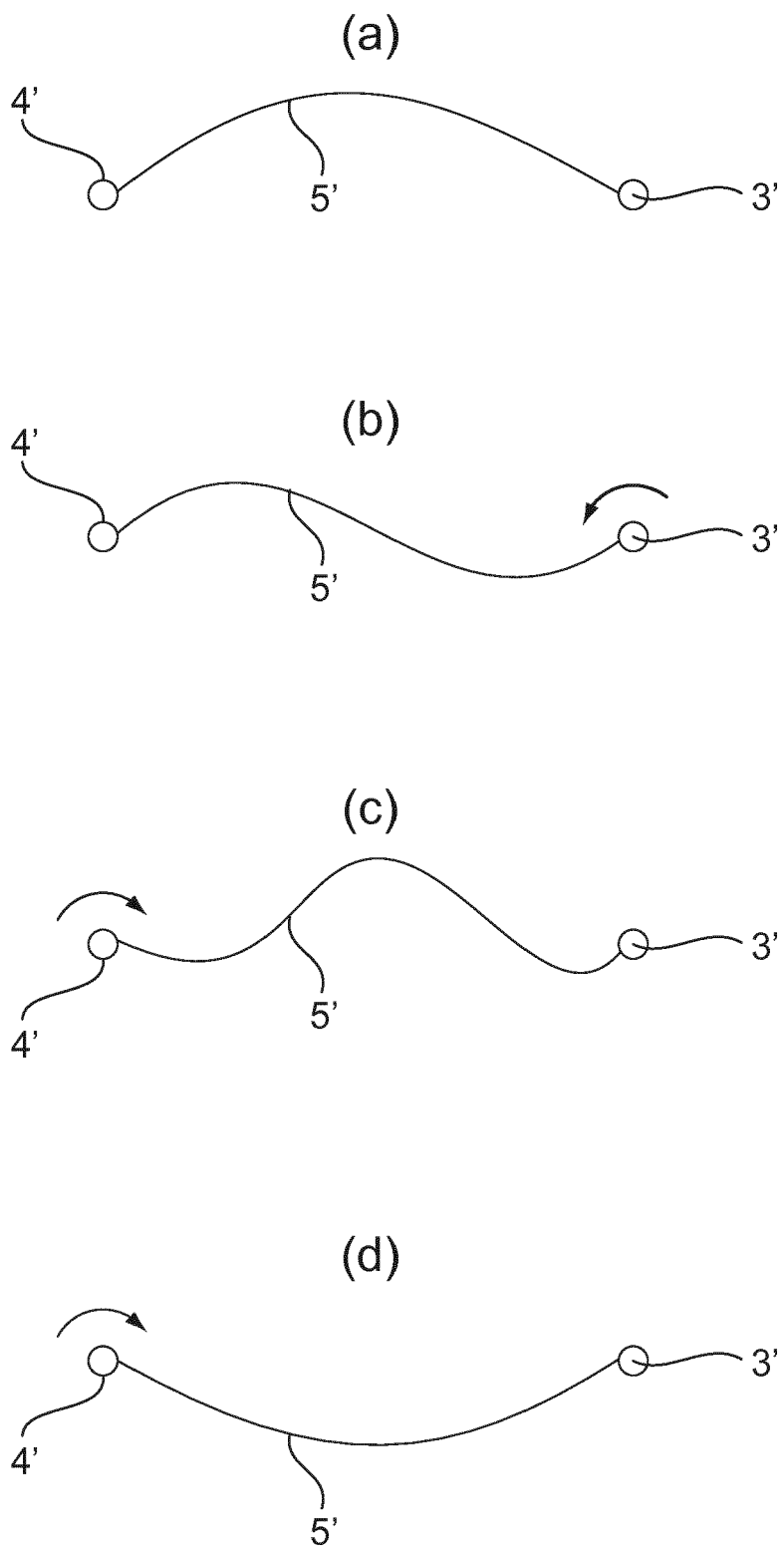


Fig.11





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 17 20 5173

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

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	WO 2017/032528 A1 (PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH]) 2 mars 2017 (2017-03-02) * page 9, ligne 11 - page 11, ligne 15; revendication 1; figures 1-7 *	1,16,17	INV. G04B15/06 G04B15/08
A,D	WO 2014/037319 A1 (NIVAROX SA [CH]) 13 mars 2014 (2014-03-13) * alinéa [0065]; revendication 14 *	1,16,17	
A	EP 2 105 806 A1 (GIRARD PERREGAUX SA [CH]) 30 septembre 2009 (2009-09-30) * alinéa [0007] - alinéa [0009]; revendication 1; figures 1-5 *	1,16,17	
			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		13 juin 2018	Beaufumé, Cédric
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 17 20 5173

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.

13-06-2018

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2017032528 A1	02-03-2017	EP 3338144 A1	27-06-2018
		WO 2017032528 A1	02-03-2017

WO 2014037319 A1	13-03-2014	CN 104769508 A	08-07-2015
		CN 107390494 A	24-11-2017
		EP 2706416 A1	12-03-2014
		EP 2893403 A1	15-07-2015
		HK 1212047 A1	03-06-2016
		JP 5959750 B2	02-08-2016
		JP 2015531476 A	02-11-2015
		KR 20150053791 A	18-05-2015
		US 2015248112 A1	03-09-2015
		US 2017131683 A1	11-05-2017
		WO 2014037319 A1	13-03-2014

EP 2105806 A1	30-09-2009	CN 101981521 A	23-02-2011
		EP 2105806 A1	30-09-2009
		HK 1149332 A1	03-05-2013
		JP 5396462 B2	22-01-2014
		JP 2011515690 A	19-05-2011
		US 2011019506 A1	27-01-2011
		WO 2009118310 A1	01-10-2009

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 9964936 A [0002] [0042]
- WO 2009118310 A [0002]
- CH 705674 [0002]
- WO 2014037319 A [0002] [0008]
- WO 2016113704 A [0002] [0008]
- WO IB2017053706 W [0030] [0039]
- WO 2011121432 A [0033]
- WO IB2017053666 W [0039]