

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **716 882 A1**

(51) Int. Cl.: **G04D** 7/12 (2006.01)
G04D 7/08 (2006.01)
B23K 26/08 (2014.01)
B23K 26/36 (2014.01)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

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

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 01529/19

(71) Requéant:
Richemont International SA, Route des Biches 10
1752 Villars-sur-Glâne (CH)

(22) Date de dépôt: 03.12.2019

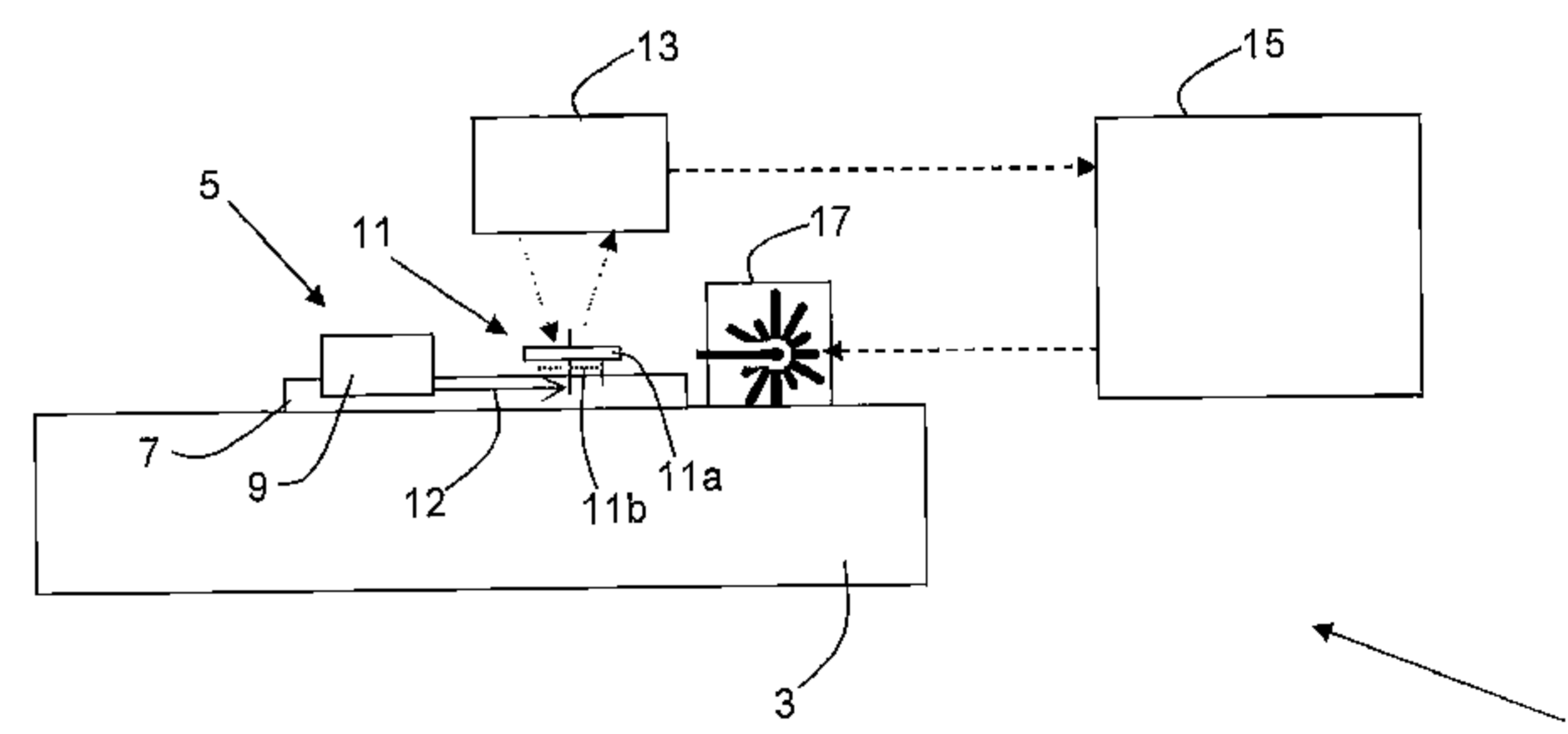
(72) Inventeur(s):
David Gachet, 2000 Neuchâtel (CH)

(43) Demande publiée: 15.06.2021

(74) Mandataire:
e-Patent SA, Rue Saint-Honoré 1 Case Postale 2510
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Procédé de réglage de la fréquence d'oscillation d'un oscillateur balancier-spiral.**

(57) L'invention concerne un procédé de réglage de la fréquence d'oscillation d'un oscillateur (11) balancier (11a) - spiral (11b) d'un mouvement d'horlogerie (5), ledit mouvement (5) étant monté sur un support (3) et présentant un retard de marche connu destiné à être modifiée par ablation de matière dudit balancier (11a) dans au moins une zone prédéterminée, le procédé comprenant les étapes suivantes, effectuées avec l'oscillateur en état d'oscillation :



- a) effectuer des mesures de la position angulaire dudit balancier (11a) sur au moins une première demi-alternance ;
- b) comparer lesdites mesures avec un modèle mathématique afin de déterminer la fréquence, la phase et l'amplitude dudit balancier (11a) ;
- c) sur la base dudit modèle mathématique et desdites mesures, modéliser le déplacement angulaire dudit balancier (11a) pendant une deuxième demi-alternance qui suit directement ladite première alternance ;
- d) commander un laser (17) pour ablater du matériau dudit balancier (11a) dans ladite au moins une zone prédéterminée lors de ladite deuxième demi-alternance sur la base de la modélisation de l'étape c).

Description

Domaine technique

[0001] La présente invention se rapporte au domaine de l'horlogerie. Elle concerne, plus particulièrement, un procédé de réglage de la fréquence d'oscillation d'un oscillateur balancier-spiral d'un mouvement horloger.

Etat de la technique

[0002] L'organe réglant mécanique le plus communément utilisé dans l'horlogerie mécanique est l'oscillateur balancier-spiral, qui comporte une masse inertielle, nommé „balancier“, monté en rotation autour d'un axe. Le balancier est soumis à une force de rappel fournie par un ressort spiral dont l'extrémité intérieure est solidaire dudit axe et dont l'extrémité extérieure est fixée à un élément de bâti. Par ces moyens, le balancier est agencé pour osciller autour d'une position neutre lorsqu'il est entretenu par un échappement sous l'effet d'une force motrice. Le réglage précis de la fréquence d'oscillation de l'organe réglant d'un mouvement horloger est nécessaire pour que sa marche, c'est-à-dire l'avance ou le retard pris en 24h par rapport à un étalon de référence, soit aussi proche que possible de 0 s/j.

[0003] Diverses solutions ont été développées durant les derniers siècles afin de régler la fréquence de ce genre d'oscillateur en agissant, soit sur la longueur effective (et donc sur la raideur effective) du ressort spiral par l'intermédiaire d'une raquetterie ou similaire, soit sur l'inertie du balancier en prévoyant des masselottes ajustables. Ces dernières sont typiquement des vis montées radialement dans la serge du balancier, l'horloger pouvant ajuster l'inertie en vissant ou dévissant les vis, ce qui modifie l'inertie et l'équilibre du balancier. Bien entendu, ces deux moyens de réglage peuvent être utilisés en combinaison.

[0004] Ces ajustements sont difficiles à effectuer de manière précise, notamment en ce qui concerne l'ajustement de masselottes qui demande un travail méticuleux et chronophage d'un horloger qualifié.

[0005] Le document CH609196 dévoile un réglage dynamique de la fréquence d'un oscillateur balancier-spiral déjà monté dans son mouvement. L'oscillateur est préréglé pour présenter un léger retard et la serge du balancier comporte un voile mince qui est percé par un laser après avoir effectué des mesures pour déterminer le nombre de trous à percer. L'opérateur saisit sur la machine le nombre de trous à percer sur la base de la détermination précédente et le laser est commandé pour les percer automatiquement, en synchronisant les tirs et la position du balancier déterminée par un dispositif optique. Cependant, ce procédé est basique et non automatisé. Par ce fait, il est peu efficace et nécessite un opérateur qualifié. Il est donc susceptible d'être optimisé, notamment au niveau de la précision du placement des perçages.

[0006] Le document CH704693 dévoile plusieurs procédés hypothétiques pour le réglage et l'équilibrage d'un balancier, qui sont également susceptibles d'être optimisés.

[0007] Le but de l'invention est par conséquent de proposer un procédé de réglage d'un oscillateur balancier-spiral d'un mouvement horloger dans lequel les défauts susmentionnés sont au moins partiellement surmontés.

Divulguation de l'invention

[0008] De façon plus précise, l'invention concerne un procédé de réglage de la fréquence d'oscillation d'un oscillateur balancier-spiral d'un mouvement d'horlogerie, comme défini par la revendication 1. Le mouvement, qui comporte de façon connue une source motrice entraînant un échappement agencé pour entretenir ledit oscillateur, est monté sur un support et présente un retard de marche connu, mesuré préalablement par des moyens ad hoc. Dans le but de corriger au moins partiellement ce retard, on prédétermine une ou plusieurs zones à ablater sur la surface du balancier. Cette correction peut être déterminée pour s'approcher de, ou même pour atteindre, une valeur de marche proche de zéro ou une autre valeur destinée à être compensée par un autre élément du mouvement.

[0009] Le procédé comporte les étapes suivantes, effectuées avec l'oscillateur en état d'oscillation :

[0010] a) effectuer une pluralité de mesures de la position angulaire dudit balancier sur au moins une première demi-alternance, qui est de préférence une demi-alternance montante s'étendant depuis sa position neutre du balancier vers sa position de rebroussement. Ces mesures peuvent être effectuées par exemple par le biais d'un dispositif de mesure comprenant une caméra digitale à haute vitesse et/ou un capteur laser (conventionnel ou à effet Doppler) et/ou un capteur confocal chromatique et/ou un capteur interférométrique et/ou un capteur acoustique et/ou un capteur magnétique ou similaire ;

[0011] b) comparer lesdites mesures avec un modèle mathématique afin de déterminer la fréquence, la phase et l'amplitude dudit balancier sur la base desdites mesures ainsi que dudit modèle mathématique ;

[0012] c) sur la base dudit modèle mathématique et desdites mesures, modéliser le déplacement angulaire dudit balancier pendant une deuxième demi-alternance qui suit directement ladite première demi-alternance ;

[0013] d) commander un laser (17) pour ablater du matériau dudit balancier (11a) dans ladite au moins une zone prédéterminée, lors de ladite deuxième demi-alternance sur la base de la modélisation de l'étape c).

[0014] Les étapes a) à d) peuvent être répétées autant de fois que nécessaire afin d'obtenir le réglage souhaité.

[0015] Ce faisant, les tirs du laser peuvent s'effectuer aux bons moments afin que la ou les zones prédéterminées soient correctement ablatées aux endroits souhaités. De manière avantageuse, il n'y a pas de perturbation liée à l'échappement entre la première demi-alternance où les mesures sont effectuées, et la deuxième demi-alternance où les tirs sont effectués. La précision de l'ablation est ainsi améliorée significativement par rapport à l'art antérieur, tout en fournissant un procédé qui est simple et rapide à mettre en oeuvre, et qui s'effectue de manière complètement automatique.

[0016] Avantageusement, lors de l'étape a), on détermine l'amplitude dudit balancier soit pour certaines alternances, soit pour chaque alternance.

[0017] Dans une variante, le faisceau dudit laser est fixe par rapport au support, ce qui est simple à mettre en oeuvre. Dans un tel cas, la cadence de tir dudit laser peut être adaptée à la vitesse angulaire du balancier lors des tirs, cette adaptation étant déterminée sur la base de prédictions découlant de ladite modélisation de l'étape c). Cette adaptation peut être effectuée soit de manière continue, soit en étant prédéterminée pour chacun d'une pluralité de secteurs angulaires. Ces deux possibilités permettent de garantir que les zones ablatées soient exposées au faisceau laser de manière substantiellement uniforme.

[0018] Dans une autre variante, ledit faisceau du laser peut être déplacé selon au moins un axe afin que son spot puisse être déplacé sur la surface du balancier, quelle que soit la surface de ce dernier destinée à être ablatée (paroi extérieure, face supérieure ou face inférieure). Dans un tel cas, la vitesse de balayage dudit laser peut être adaptée à la vitesse angulaire du balancier lors des tirs du laser, à nouveau sur la base de prédictions découlant de ladite modélisation, soit de manière continue, soit en étant prédéterminé pour chacune d'une pluralité de secteurs angulaires prédéterminés du balancier. Ceci permet également de garantir que les zones ablatées soient exposées au faisceau laser de manière uniforme.

[0019] Indépendamment de si ledit faisceau est balayable afin de pouvoir suivre le déplacement de la surface du balancier ou pas, ledit faisceau du laser peut également être balayé selon une autre direction afin d'ablater de la matière selon des motifs qui sont plus larges que la taille du spot laser sur le balancier. Pour le surplus, le focus du faisceau du laser et/ou son énergie peut être adapté de façon dynamique.

[0020] Avantageusement, l'au moins une zone ablatée peut être contrôlée par l'intermédiaire d'un capteur confocal chromatique ou d'une caméra digitale à haute vitesse, après ablation, afin de vérifier sa position, ses dimensions, etc.

[0021] Avantageusement, le faisceau laser est dirigé vers une paroi extérieure du balancier, de préférence latérale, de telle sorte que ledit faisceau s'étend substantiellement dans le plan de ce dernier, de préférence radialement par rapport à l'axe du balancier.

[0022] L'invention porte également sur un système de réglage de la fréquence d'un organe réglant d'un mouvement horloger, comprenant :

[0023] - un support adapté pour recevoir un mouvement horloger comprenant un organe réglant balancier-spiral ;

[0024] - un laser d'ablation adapté pour diriger son faisceau laser vers ledit balancier lorsqu'un mouvement est monté sur le support ;

[0025] - un dispositif de mesure adapté pour mesurer les déplacements dudit balancier lorsqu'un mouvement est monté sur le support ;

[0026] - un contrôleur adapté pour recevoir des signaux dudit dispositif de mesure et de commander le tir dudit laser afin d'ablater de la matière dudit balancier dans au moins une zone prédéterminée, selon le procédé de l'une des revendications précédentes.

[0027] Avantageusement, ledit dispositif de mesure comporte une caméra digitale à haute vitesse et/ou un capteur laser (conventionnel ou à effet Doppler) et/ou un capteur confocal chromatique et/ou un capteur interférométrique et/ou un capteur acoustique et/ou un capteur magnétique.

[0028] Avantageusement, ledit laser est agencé pour diriger son faisceau selon une direction radiale par rapport audit balancier.

[0029] Avantageusement, ledit système comprend en outre un capteur confocal chromatique et/ou une caméra digitale à haute vitesse agencé pour effectuer des mesures de ladite au moins une zone prédéterminée. Ce capteur peut être le même capteur que comporte ledit dispositif de mesure, ou un capteur supplémentaire, et permet la vérification de l'ablation effectuée.

Brève description des dessins

[0030] D'autres détails de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- Figure 1 est une vue schématique d'un système 1 adapté pour effectuer le procédé selon l'invention dans lequel a été placé un mouvement horloger ;
- Figure 2 est un graphique qui illustre schématiquement le principe du procédé de l'invention ;

- Figure 3 illustre schématiquement des aspects liés à l'utilisation d'un laser fixe ; et
- Figure 4 illustre schématiquement certains aspects liés à l'utilisation d'un laser balayable.

Modes de réalisation de l'invention

[0031] La figure 1 illustre schématiquement un système 1 adapté pour effectuer le procédé de l'invention.

[0032] Le système 1 comporte un support 3, tel qu'un gabarit, adapté pour recevoir un mouvement d'horlogerie 5. Ce dernier peut être placé sur le support 3 soit manuellement, soit automatiquement par un manipulateur ou un dispositif de chargement ad hoc. Même si le mouvement 5 est monté à plat sur la figure 1, il est également possible de le monter dans une position verticale ou dans n'importe quelle position inclinée.

[0033] Le mouvement d'horlogerie comprend un bâti 7 constitué d'une platine et de ponts (non illustrés). Ce bâti 7 porte une source motrice 9 telle qu'un ressort moteur logé dans un barillet, qui est en liaison cinématique avec un organe réglant 11 de type balancier 11a - spiral 11b. La liaison cinématique 12 entre la source motrice et l'organe réglant 11 comporte typiquement un rouage de finissage entraînant un échappement de type quelconque et est illustré schématiquement par une flèche. D'autres formes de liaisons cinématiques sont également possibles. Le balancier peut présenter n'importe quelle forme connue, et, peut comporter, ou non, sur l'une ou plusieurs surfaces de sa serge (notamment sur sa paroi latérale extérieure), une ou plusieurs couches de matière plus dense que le reste du balancier, telle que de l'or, afin de maximiser l'influence de la serge sur l'inertie du balancier 11a. La longueur effective du ressort spiral 11b peut être, soit prédéterminée et non-ajustable, soit modifiable par le biais d'une raquetterie ou similaire.

[0034] L'organe réglant 11 est préréglé afin de présenter un retard, c'est-à-dire une fréquence trop basse par rapport à la valeur souhaitée. Ainsi, un enlèvement de matière du balancier 11a, en diminuant son inertie, entraînera une augmentation de la fréquence d'oscillation de l'organe réglant 11, afin d'améliorer son réglage et ainsi atteindre une valeur qui se trouve dans une plage acceptable selon le standard appliqué. Un retard d'entre 0 et 300 s/j est typique dans ce but. Si, de manière industrielle, on préfère ne devoir corriger que faiblement pour conserver un process efficace, on peut néanmoins envisager d'effectuer des corrections de plusieurs centaines de secondes par jour. La marche du mouvement est déterminée par un système adapté (acoustique, optique, magnétique, ...) de manière conventionnelle, de telle sorte que son retard soit connu. Sur la base de ce retard connu, les motifs à ablater en une ou plusieurs étapes sur la surface du balancier 11a peuvent être prédéterminés afin de corriger la marche de l'oscillateur 11. Cette prédétermination peut se faire par modélisation, ou en choisissant parmi des motifs standardisés en fonction du retard de l'oscillateur 11. Par „motif“, on entend les positions, formes, longueurs, largeurs et profondeurs de l'enlèvement de matériau à effectuer.

[0035] Le système comporte en outre un dispositif de mesure 13, agencé pour mesurer le déplacement angulaire du balancier 11a lorsqu'il oscille. Ce dispositif de mesure 13 est en communication avec un contrôleur 15, adapté pour contrôler un laser d'ablation 17 agencé pour diriger son faisceau vers le balancier 11a afin d'enlever sélectivement de la matière de ce dernier. Typiquement, le laser 17 est agencé pour effectuer l'ablation de la matière sur la paroi extérieure de la serge du balancier 11a, mais peut alternativement ablater l'une de ses faces côté fond ou côté cadran, ou toute autre partie de la surface du balancier.

[0036] Il est également possible de prévoir un système d'aspiration (non illustré) pour aspirer les éventuels résidus de matière ablatée par le laser 17 afin que ces derniers ne contaminent pas le mouvement 5 ou le support 3.

[0037] Le dispositif de mesure 13 peut être de n'importe quel type adapté, notamment une caméra digitale à haute vitesse, un capteur laser (ponctuel, ligne ou autre, ou à effet Doppler permettant de mesurer la vitesse de la serge du balancier 11a), un capteur confocal chromatique ponctuel ou linéaire, un capteur interférométrique, un capteur acoustique, un capteur magnétique ou tout autre capteur capable d'effectuer des mesures ayant une résolution temporelle ainsi qu'une précision adéquate. De préférence, la résolution temporelle du capteur est de 500 μ s (2 kHz) ou mieux, de préférence 300 μ s (3.33 kHz) ou mieux, encore de préférence 100 μ s (10 kHz) ou mieux, et ce indépendamment du genre de capteur ou de caméra digitale à haute vitesse. Dans chaque cas, le dispositif de mesure 13 et/ou le contrôleur 15 est adapté pour pouvoir traiter les signaux générés par le dispositif de mesure afin de déterminer la position angulaire du balancier 11a à chaque prise de mesure. Afin de faciliter la mesure, le balancier 11a peut être muni d'un ou plusieurs marquages ou similaires afin de faciliter la prise de ces mesures et d'augmenter leur précision, mais la forme du balancier (bras, masselottes, mal-rond etc.) ou sa texture de surface peut également suffire, selon le genre de mesure effectué.

[0038] Le dispositif de mesure 13 peut également être adapté pour mesurer directement le sens de rotation du balancier 11a, ce qui est bien entendu déjà le cas lorsqu'il est une caméra digitale à haute vitesse. Dans le cas d'un capteur optique ponctuel, on peut prévoir par exemple deux points de mesure décalés angulairement par rapport à l'axe de rotation du balancier 11a, afin de fournir deux signaux décalés dans le temps lors du passage d'un bras (ou structure similaire) devant le dispositif de mesure 13. Le déphasage positif ou négatif des deux signaux captés aux deux points de mesure permet ainsi une détermination directe du sens de rotation du balancier 11a lors de chaque passage du bras (ou similaire) devant le dispositif de mesure 13. La précision du suivi des déplacements du balancier 11a dans le temps peut ainsi être maximisée, même en utilisant des capteurs optiques simples.

[0039] Dans l'agencement illustré, le dispositif de mesure 13 est optique et est agencé pour observer le côté supérieur (selon l'orientation de la figure) du balancier 11a, mais peut également observer sa paroi extérieure latérale.

[0040] Le laser 17, qui peut être par exemple de type picoseconde ou femtoseconde pulsé, est typiquement dirigé vers la paroi extérieure latérale du balancier 11a, mais peut alternativement agir sur une face exposée (côté supérieur selon l'orientation de la figure 1) de ce dernier. Le laser 17 peut être fixe par rapport au support 3 ou alternativement peut être muni d'un système de scanner comprenant un ou plusieurs miroirs, lentilles, éléments diffractifs ou similaires qui sont mobiles et pilotables, afin de pouvoir faire scanner le faisceau laser à la surface du balancier qu'il intersecte. Bien entendu, la puissance du laser ainsi que le diamètre de son faisceau sont à adapter au but recherché. La fréquence de pulsation du laser 17 peut être par exemple entre 200 Hz et 100 kHz.

[0041] Le coeur de l'invention porte sur la manière selon laquelle le laser 17 est commandé par le contrôleur 15 sur la base de la prise de mesures effectuée par le dispositif de mesure 13.

[0042] En premier lieu, un mouvement 1 est remonté afin d'assurer une amplitude d'oscillation maximale supérieur à 180° (pour pouvoir tirer avec le laser 17 sur 360° du pourtour du balancier sur deux alternances successives), ou même à fond afin d'obtenir une amplitude maximale, et est monté sur le support 3 soit manuellement, soit par un robot ou autre dispositif de manipulation de mouvements. L'amplitude maximale assure que l'ensemble du pourtour de la serge du balancier 11a passe devant le laser 17. Le retard de marche du mouvement 1 est mesuré soit avant, soit après le montage de ce dernier sur le support 3, par des moyens connus (optique, acoustique, magnétique ou similaire).

[0043] La méthodologie principale de mesure et d'ablation est illustrée sur la figure 2, qui montre l'oscillation du balancier 11a par l'intermédiaire d'une courbe sinusoïdale représentant sa position angulaire en référence à sa position de repos.

[0044] Comme le montre clairement cette figure, lors d'au moins une partie d'une première demi-alternance 100a, une pluralité de mesures (indiquées par des cercles) de la position et/ou de la vitesse angulaire du balancier 11a sont effectuées par le dispositif de mesure 13, typiquement à des intervalles réguliers. Comme illustré par la figure 2, cette première demi-alternance 100a est la première moitié montante d'une alternance, s'étendant depuis la position neutre de l'organe réglant 11 vers l'une de ses positions de renversement, c'est-à-dire l'une de ses positions dans laquelle il s'arrête momentanément avant de retomber vers sa position neutre. Ces mesures sont comparées avec un modèle mathématique du comportement dynamique de l'organe réglant 11 afin de déterminer sa fréquence d'oscillation, sa phase, ainsi que, au moins pour certaines alternances, son amplitude. Cette dernière peut, bien entendu, être déterminée pour la demi-alternance montante de chaque alternance ou de certaines alternances prédéterminées, si désiré.

[0045] Le modèle mathématique peut être analytique (a priori) ou empirique (a posteriori). Par exemple, les déplacements du balancier 11a peuvent être modélisés comme simple sinusoïde du genre $\sin(\theta)$ ou peuvent également incorporer des termes et paramètres représentant l'amortissement lié à la tribologie du pivot du balancier et peuvent également incorporer des termes représentant des perturbations liées à l'interaction avec l'échappement et l'impulsion reçue depuis l'ancre. Alternativement, on peut générer un modèle empirique en étudiant l'oscillation d'un grand nombre d'organes réglants 11 afin d'obtenir un modèle de manière a posteriori pour le type de mouvement 5 et d'organe réglant 11 en question.

[0046] Il est également possible d'effectuer des mesures sur une pluralité d'oscillations complètes afin d'affiner les paramètres du modèle avant d'effectuer l'ablation et ainsi d'améliorer sa précision de prédiction par rapport à l'organe réglant en train d'être réglé.

[0047] La quantité de matière à ablater de la serge du balancier 11, ainsi que les positions de la ou des zones à ablater (définissant ensemble un motif d'ablation), ont donc été déterminées au préalable sur la base du retard de l'oscillateur 11, afin de corriger la marche du mouvement 5 et de l'amener vers une marche qui est plus proche de 0 s/j. Le laser est commandé par le contrôleur 15 pour tirer à des moments déterminés (comme indiqué par les carrés sur la figure 2) lors de la prochaine demi-alternance 100b, directement suivant la première demi-alternance 100a. Ces moments sont déterminés en fonction de la position du balancier prédite sur la base des mesures et du modèle mathématique. Ainsi, l'ablation aura lieu aux bons moments et sur la ou les zones souhaitées et selon les formes et profondeurs désirés. En effet, aucune mesure supplémentaire n'est effectuée lors de la deuxième demi-alternance 100b, les moments pour l'ablation étant déterminés exclusivement sur la base des prédictions susmentionnées.

[0048] Le fait d'effectuer des mesures sur une première demi-alternance montante et d'ablater pendant la prochaine demi-alternance tombante maximise la précision des prédictions de la position angulaire du balancier 11a au cours du temps. En effet, les chocs liés au fonctionnement de l'échappement (arrêt, impulsion...) peuvent faire varier de manière significative le comportement du balancier. De même, l'amplitude du balancier dans certains mouvements n'est pas stable d'une alternance à une autre. Puisque le balancier 11a n'est pas perturbé par l'échappement entre les prises de mesures et les tirs du laser, le comportement rotatif du balancier 11a pendant cette période est susceptible d'être déterminée très précisément. Les tirs du laser 17 ablatant ainsi la ou les zone(s) souhaitée(s) avec une grande précision.

[0049] Le procédé peut être répété sur plusieurs alternances dans les deux sens de rotation, afin de régler la marche de l'organe réglant précisément et très rapidement. En même temps, tout déséquilibre mesuré peut être corrigé en ablatant de la matière de manière asymétrique.

[0050] Comme mentionné ci-dessus, le faisceau laser peut être fixe et ainsi dirigé toujours dans la même direction, ou peut être pilotable, par exemple par l'intermédiaire d'un ou plusieurs miroirs, lentilles, éléments diffractifs ou similaires, mobiles en rotation et/ou actionnés par des actionneurs afin de pouvoir faire scanner le faisceau laser sur la surface du

balancier 11a, selon un ou plusieurs axes. Pour le surplus, l'énergie de chaque impulsion du laser 17 et/ou son focus peut être modulé(e) de manière dynamique.

[0051] La figure 3 illustre schématiquement des modalités pour l'utilisation d'un laser 17 à faisceau 17a fixe, ce qui représente la solution la plus simple. Dans l'agencement illustré, le faisceau 17a intersecte le balancier sur la paroi latérale extérieure de la serge, de manière substantiellement perpendiculaire à cette dernière. Au gré des oscillations du balancier, le faisceau 17a, qui est fixe par rapport au support 3, peut ablater une ou plusieurs zones substantiellement linéaires le long de ladite paroi.

[0052] Si on fixe l'énergie d'impulsion, la cadence de tir ainsi que la taille du spot laser sur la serge du balancier 11a (ce qui n'est pas obligatoire, l'un ou plusieurs de ces paramètres pouvant alternativement varier), la quantité de matière ablatée dépend du recouvrement longitudinal des impulsions laser successives sur la serge, ce qui dépend de la vitesse de la serge. Cette dernière varie lors de l'oscillation, et par conséquent la quantité de matière ablatée par unité de longueur sur la serge n'est pas constante, comme illustrée à côté de l'indication „Synchro OFF“. Ceci n'implique pas qu'une telle manière de commander le tir du laser ne soit pas possible, ni utilisable, mais elle n'est pas optimale et peut impliquer des difficultés qui ne sont cependant pas rédhibitoires, en fonction des exigences qualitatives visées.

[0053] À partir des informations données par le contrôleur 15 sur la base des mesures prises par le dispositif de mesure 13, la cadence de tir f_L du laser 17 peut être adaptée à la vitesse angulaire de rotation du balancier afin de garantir un recouvrement uniforme des impulsions laser constant, en effectuant des tirs laser sur des points équidistants. Ce principe est illustré à côté de l'indication „Synchro ON“. En effet, les mesures prises lors de la demi-alternance montante permettent de prédire la vitesse de la serge du balancier 11a pour que le laser tire sur les endroits prédéfinis. La cadence de tir du laser 17 peut ainsi être adaptée à la vitesse de rotation du balancier, afin de répartir les tirs du laser, comme mentionné ci-dessus, selon le motif souhaité.

[0054] Ce faisant, en adaptant constamment et proportionnellement la cadence de tir à la vitesse de la serge, soit de manière continue, soit par secteur angulaire de x° (ou x est, par exemple, choisi entre 5° et 20° de rotation), le recouvrement des impulsions laser peut être substantiellement uniforme sur la surface du balancier 11a. Par conséquent, la quantité de matière ablatée par unité de longueur sur le pourtour de la serge peut également être substantiellement constante.

[0055] Une adaptation de la cadence de tir de façon continue s'applique à n'importe quel endroit sur la serge, mais est notamment la méthode la plus pertinente lorsque l'enlèvement de matière s'effectue proche des points de rebroussement du balancier 11a. Au voisinage de ces points, la variation de la vitesse instantanée en fonction du temps, c'est-à-dire l'accélération de la serge, est maximale.

[0056] Si l'enlèvement de matière s'effectue lorsque la serge est proche de sa vitesse maximale, c'est-à-dire lorsque le balancier est en train de parcourir un angle de $\pm 45^\circ$ par rapport à sa position neutre, une adaptation de la cadence de tir du laser 17 par secteur annulaire est relativement simple à mettre en oeuvre. Dans un tel cas, on divise le déplacement de la serge en secteurs de, par exemple, 5° , 10° , 15° , 20° (ou n'importe quel autre angle) de rotation et on applique une cadence de tir respective pour chaque section. Puisque la vitesse angulaire de la serge reste substantiellement constante dans chaque section, une cadence de tir adaptée dans chacune de ces dernières assure que l'enlèvement de matière s'effectue de manière substantiellement constante par unité de longueur du pourtour. Les mêmes considérations s'appliquent, mutatis mutandis, lorsque le laser 17 est agencé de telle sorte que son faisceau 17a est agencé pour ablater de la matière sur la surface supérieure ou inférieure du balancier 11a.

[0057] La figure 4 illustre schématiquement la situation lorsque le laser 17 est agencé de telle sorte que son faisceau 17 intersecte la paroi extérieure de la serge, et est adapté de telle sorte que son faisceau 17a peut balayer le plan du balancier 11a. Lorsqu'on utilise un tel scanner laser et, si de plus, on fixe l'énergie des impulsions, la cadence de tir f_L et la taille de spot laser, la quantité de matière ablatée de la serge dépend du recouvrement longitudinal des impulsions laser successives sur la serge. Ce dernier dépend de la vitesse de la serge ainsi que de la vitesse de balayage du faisceau laser.

[0058] Sur la base des mesures du déplacement du balancier 11a pendant la première demi-alternance, la vitesse de la serge lorsque ladite ou lesdites zones prédéterminées seront ablatées pendant la deuxième demi-alternance est prédite. Par la suite la vitesse de balayage v_{scan} du laser sur la serge est adaptée continuellement de manière à obtenir une régularité de recouvrement longitudinal des impulsions laser successives sur le pourtour de la serge. En même temps le focus du laser 17 peut être adapté de telle sorte que la taille de son spot est optimale pour effectuer l'ablation désirée.

[0059] La vitesse de balayage du faisceau laser 17a peut soit être adaptée de manière continue, soit par secteur angulaire de x° , par analogie à l'adaptation de la cadence de tir pour le laser fixe comme décrit ci-dessus, les mêmes considérations s'appliquant à la vitesse de balayage, mutatis mutandis.

[0060] Les mêmes considérations concernant le balayage du faisceau s'appliquent, mutatis mutandis, lorsque le laser 17 est agencé pour ablater de la matière sur l'une des faces du balancier 11a autre que la paroi extérieure de la serge. Dans un tel cas, le faisceau 17 peut être déplacé pour suivre la rotation du balancier 11a afin d'ablater des zones selon un motif désiré.

[0061] Il est également possible de faire déplacer le faisceau laser 17a relativement au balancier 11a selon une direction perpendiculaire à celles mentionnées ci-dessus, afin d'ablater des zones sous la forme d'une bande qui est plus large que le spot laser, et/ou d'ablater selon d'autres motifs plus complexes. Ceci s'applique également au cas où le faisceau

17 n'est pas balayable pour suivre la rotation du balancier. Par ailleurs, l'énergie et/ou la focalisation du laser peuvent être modulées de manière dynamique afin d'augmenter les possibilités au niveau des motifs d'ablation.

[0062] Les calculs mathématiques nécessaires pour effectuer les mesures ainsi que la détermination des zones à ablater, les prédictions de la position angulaire ainsi que la vitesse du balancier et le contrôle du laser (cadence du tir, vitesse de balayage etc.) sont à la portée de l'homme du métier et ne nécessitent donc aucune description détaillée ici. En effet, la littérature scientifique dévoile un grand nombre de manières de mettre en oeuvre cet aspect de l'invention, qui ne se limite nullement à une méthode de calcul particulière.

[0063] Après l'étape d'ablation, le résultat des tirs laser (c'est-à-dire la localisation et éventuellement aussi la profondeur des motifs ablatés) peut facultativement être contrôlé par le biais d'un capteur quelconque agencé pour pouvoir mesurer la surface du balancier 11a qui a été ablatée. Ce capteur peut être, par exemple, une caméra digitale à haute vitesse, ou un capteur confocal chromatique, et peut se faire en mode dynamique lorsque le balancier 11a oscille, ou en mode statique. Dans ce dernier cas, un moyen mécanique ad hoc peut être utilisé pour maîtriser la position angulaire du balancier par rapport au capteur.

[0064] Ce contrôle peut être effectué par le dispositif de mesure 13 lui-même si ce dernier comprend un capteur du type souhaité et est agencé pour effectuer ses mesures sur la même surface que celle ablatée par le laser 17. Alternativement, un capteur supplémentaire parmi ceux proposés, peut être prévu.

[0065] Les mesures de la surface ablatée ainsi prises, permettent de contrôler que la ou lesdites zones prédéterminées ont été ablatées correctement, et que la bonne quantité de matière a été enlevée. Un capteur confocal chromatique est particulièrement avantageux dans ce but, puisqu'il permet de mesurer directement la profondeur de l'ablation.

[0066] Bien que l'invention ait été précédemment décrite en lien avec des modes de réalisations spécifiques, d'autres variantes supplémentaires sont également envisageables sans sortir de la portée de l'invention comme définie par les revendications.

Revendications

1. Procédé de réglage de la fréquence d'oscillation d'un oscillateur (11) balancier (11a) - spiral (11b) d'un mouvement d'horlogerie (5), ledit mouvement (5) étant monté sur un support (3) et présentant un retard de marche connu, ledit balancier étant destiné à être modifiée par ablation de matière dudit balancier (11a) dans au moins une zone prédéterminée, le procédé comprenant les étapes suivantes, effectuées avec l'oscillateur en état d'oscillation :
 - a) effectuer des mesures de la position angulaire dudit balancier (11a) sur au moins une première demi-alternance ;
 - b) comparer lesdites mesures avec un modèle mathématique afin de déterminer la fréquence, la phase et l'amplitude dudit balancier (11a) ;
 - c) sur la base dudit modèle mathématique et desdites mesures, modéliser le déplacement angulaire dudit balancier (11a) pendant une deuxième demi-alternance qui suit directement ladite première demi-alternance ;
 - d) sur la base de la modélisation de l'étape c), commander un laser (17) pour ablater, lors de ladite deuxième demi-alternance, du matériau dudit balancier (11a) dans ladite au moins une zone prédéterminée.
2. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel ladite première demi-alternance est une demi-alternance montante.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, lors des étapes a) et b), on détermine l'amplitude dudit balancier (11a) au moins lors de certaines alternances.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le faisceau dudit laser (17) est fixe par rapport au support (3).
5. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel la cadence de tir dudit laser (17) est adaptée à la vitesse angulaire du balancier (11a) lors des tirs dudit laser (17), sur la base de ladite modélisation de l'étape c).
6. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel ladite cadence de tir dudit laser (17) est adaptée de manière continue.
7. Procédé selon la revendication 5, dans lequel ladite cadence de tir dudit laser (17) est prédéterminée pour chacune d'une pluralité de secteurs angulaires prédéterminés du balancier.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel ledit laser (17) est agencé de telle sorte que son faisceau (17a) est balayable.
9. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel la vitesse de balayage dudit faisceau laser (17a) est adaptée à la vitesse angulaire dudit balancier (11a) lors des tirs dudit laser (17), sur la base de ladite modélisation de l'étape c).
10. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel ladite vitesse de balayage est adaptée de manière continue.
11. Procédé selon la revendication 9, dans lequel ladite vitesse de balayage est prédéterminée pour chacun d'une pluralité de secteurs angulaires prédéterminés dudit balancier (11a).

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit faisceau laser (17a) est dirigé vers une paroi extérieure du balancier.
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape a) est effectuée par le biais d'un dispositif de mesure (13) qui comporte au moins l'un parmi :
 - une caméra digitale à haute vitesse,
 - un capteur laser,
 - un capteur laser à effet Doppler,
 - un capteur confocal chromatique,
 - un capteur interférométrique,
 - un capteur acoustique,
 - un capteur magnétique.
14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre, après l'étape d), une étape de contrôle de ladite au moins une zone ablatée par l'intermédiaire d'un capteur confocal chromatique et/ou d'une caméra à haute vitesse.
15. Système (1) de réglage de la fréquence d'un organe réglant (11) d'un mouvement horloger (5), comprenant :
 - un support (3) adapté pour recevoir un mouvement horloger (5) comprenant un organe réglant balancier (11a)
 - spiral (11b) ;
 - un laser (17) d'ablation adapté pour diriger son faisceau laser (17a) vers ledit balancier (11a) lorsqu'un mouvement (5) est monté sur ledit support (3) ;
 - un dispositif de mesure (13) adapté pour mesurer les déplacements dudit balancier (11a) lorsqu'un mouvement (5) est monté sur le support ;
 - un contrôleur (15) adapté pour recevoir des signaux dudit dispositif de mesure (13) et de commander le tir dudit laser (17) afin d'ablater de la matière dudit balancier (11a) dans au moins une zone prédéterminée, selon le procédé de l'une des revendications précédentes.
16. Système (1) selon la revendication précédente, dans lequel ledit dispositif de mesure (13) comporte au moins l'un parmi :
 - une caméra digitale à haute vitesse,
 - un capteur laser,
 - un capteur laser à effet Doppler,
 - un capteur confocal chromatique,
 - un capteur interférométrique,
 - un capteur acoustique,
 - un capteur magnétique.
17. Système (1) selon l'une des revendications 15 et 16, dans lequel ledit laser (17) est agencé pour diriger son faisceau (17a) selon une direction radiale par rapport audit balancier (11a).
18. Système (1) selon l'une des revendications 15 à 17, comprenant en outre un capteur confocal chromatique et/ou une caméra digitale à haute vitesse agencé pour effectuer des mesures de ladite au moins une zone prédéterminée.

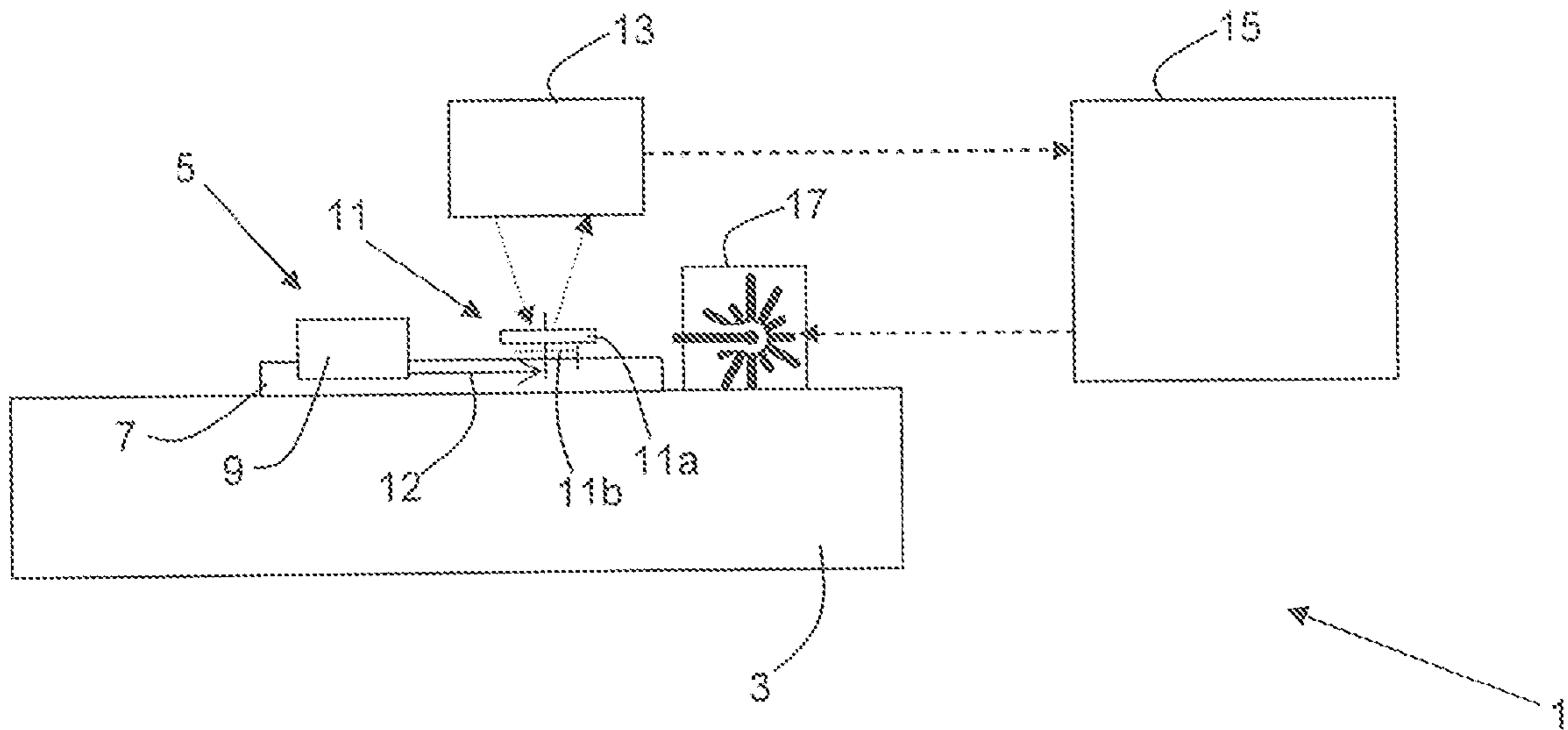


Figure 1

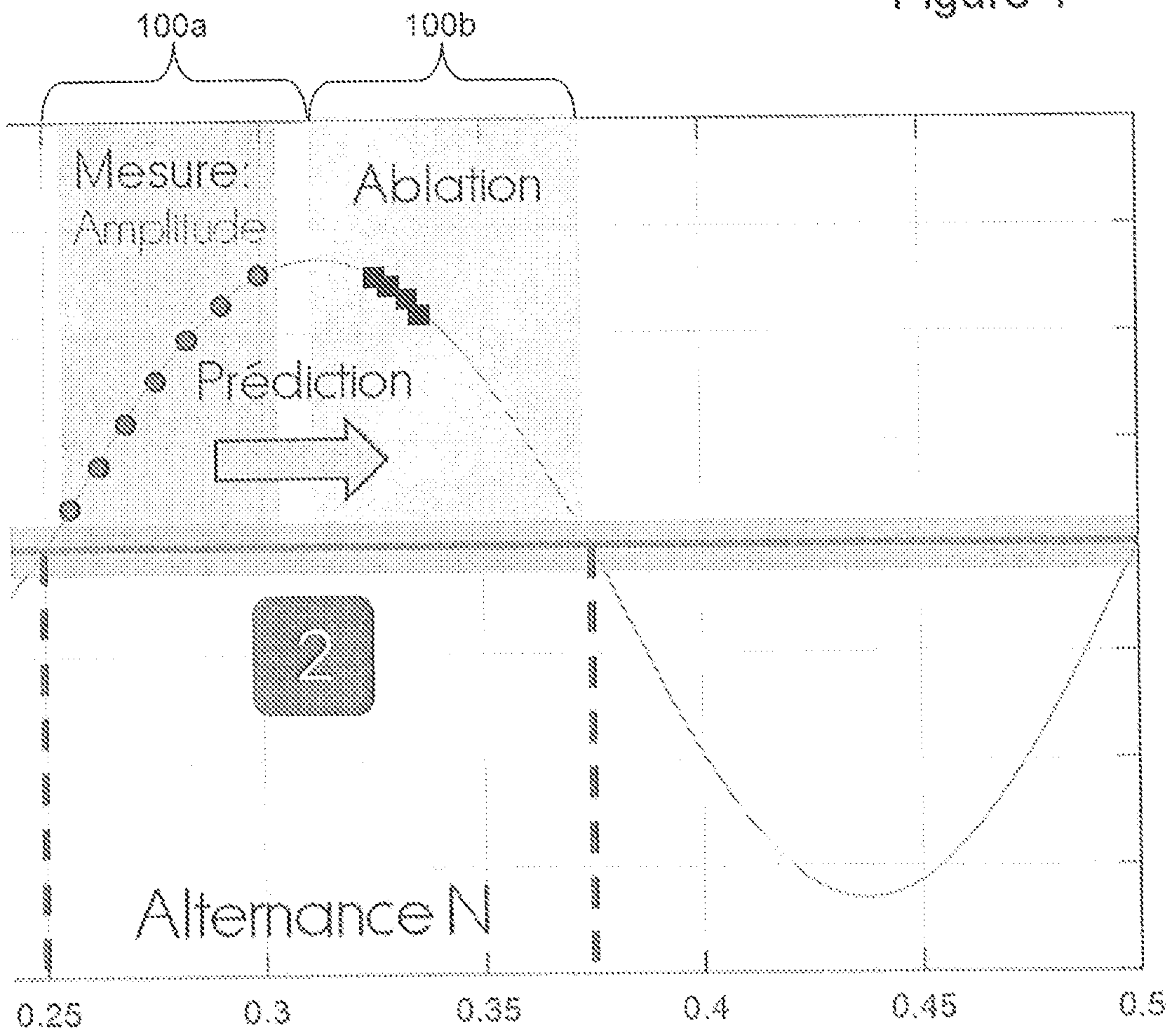


Figure 2

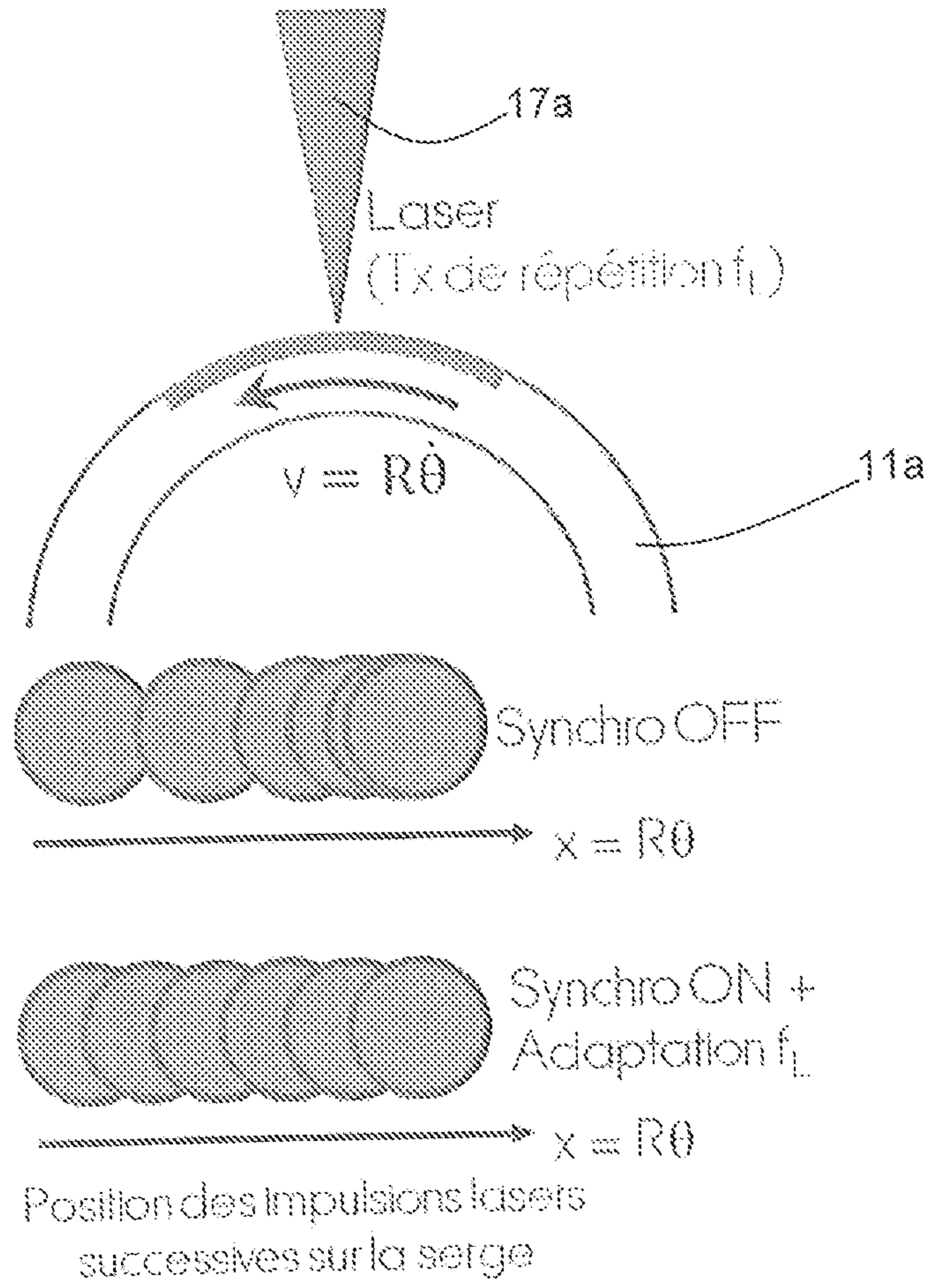


Figure 3

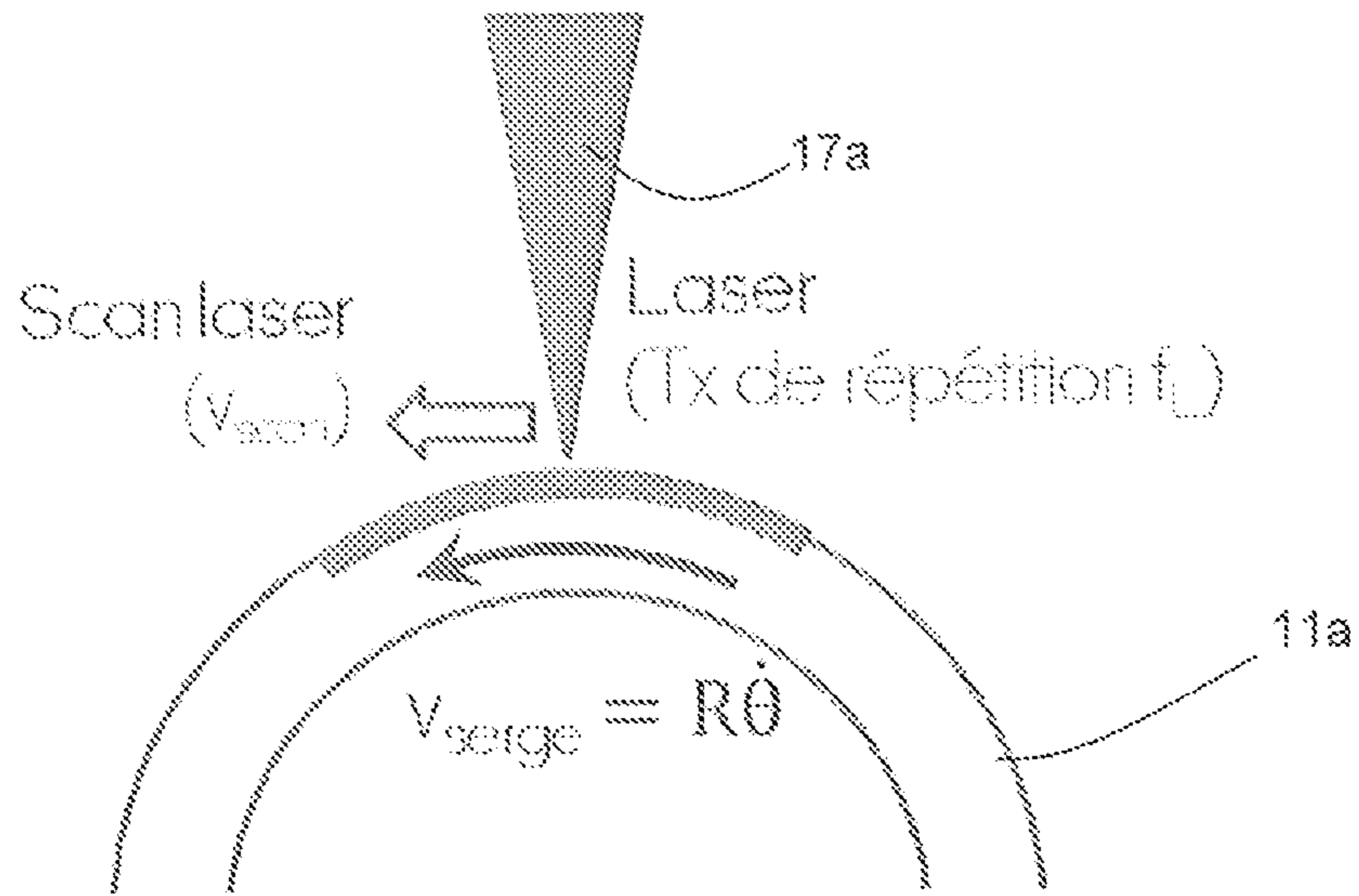


Figure 4

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE	COTE DU DOSSIER DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE
	0563-RI-CH
Demande nationale n°	Date du dépôt
15292019	03-12-2019
Pays du dépôt	Date de priorité revendiquée
CH	
Déposant (Nom)	
Richemont International SA	
Date de la requête d'une recherche de type international	Numéro donné par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international
27-01-2020	SN75337
I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)	
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB	
Voir rapport de recherche	
II. DOMAINES RECHERCHES	
Documentation minimale consultée	
Système de classification	Symboles de la classification
IPC	Voir rapport de recherche
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés	
III. <input type="checkbox"/> IL A ETE ESTIME QUE CERTAINES REVENDICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)	
IV. <input type="checkbox"/> ABSENCE D'UNITE DE L'INVENTION (Observations sur la feuille supplémentaire)	

Form PCT/ISA 261 A (11/2000)

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche N°

CH 15292019

<p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G04D3/00 G04D7/08 ADD.</p>	
<p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p>	
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G04D G04F G04B</p>	
<p>Documentation consultée outre que la documentation minimale dans la mesure où ses documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p>	
<p>Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si répertorié, termes de recherche utilisés) EPQ-Internal, WPI Data</p>	
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p>	
<p>Catégorie *</p>	<p>Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents</p>
<p>no. des revendications visées</p>	
<p>X</p>	<p>WO 2012/007460 A1 (ETA SA MFT HORLOGERE SUISSE [CH]; KLINGER LAURENT [CH] ET AL.) 19 janvier 2012 (2012-01-19) * figures F1, F4-F5 * * page 1, lignes 19-22 * * page 4, lignes 24-29 * * page 4, ligne 30 - page 5, ligne 12 * * page 8, ligne 31 * * page 12, lignes 17-23 * * page 16, ligne 20 - page 17, ligne 3 * * colonne 18, lignes 11-14 * * page 19, lignes 26-29 * * page 25, lignes 25-29 * * page 27, lignes 25-28 * * page 28, lignes 3-13 * * page 30, lignes 1-5 * ----- -/--</p>
<p><input checked="" type="checkbox"/> Voir le reste du cadre C pour la fin de la liste des documents</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</p>
<p>* Catégories spéciales de documents cités:</p>	
<p>*A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p>	<p>*T* document antérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p>
<p>*E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date</p>	<p>*X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p>
<p>*I* document pertinent (selon un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (dès qu'indiquée))</p>	<p>*Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant défavorable pour une personne du métier</p>
<p>*C* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tout autres moyens</p>	<p>*Z* document qui fait partie de la même famille de brevets</p>
<p>*P* document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>	
<p>Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée</p>	<p>Date d'expiration du rapport de recherche de type international</p>
<p>15 avril 2020</p>	<p>29 APR 2020</p>
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale</p>	<p>Fonctionnaire autorisé</p>
<p>Office Européen des Brevets, P.B. 5815 Palantien 2 NL - 2260 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016</p>	<p>Lahousse, Alexandre</p>

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No
CH 15292019

C (suite): DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>CH 338 768 A (BOUCHET ROBERT [FR]; BURTH CLEMENT [FR]) 31 mai 1959 (1959-05-31) * figures 3-6 *</p> <p>*****</p>	12

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n°

CH 15292019

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication	
WO 2012007460	A1	19-01-2012	CH 704693 A2	28-09-2012
			CN 103003750 A	27-03-2013
			EP 2593840 A1	22-05-2013
			EP 2796944 A2	29-10-2014
			HK 1183528 A1	16-10-2015
			JP 5500479 B2	27-08-2014
			JP 2013542402 A	21-11-2013
			RU 2013106859 A	27-08-2014
			US 2013272100 A1	17-10-2013
			WO 2012007460 A1	19-01-2012

CH 338760	A	31-05-1959	AUCUN	
