



(11) **EP 2 881 809 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
03.02.2021 Bulletin 2021/05

(51) Int Cl.:
G04D 7/12 (2006.01) **G04D 7/00** (2006.01)
G04D 7/08 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13195524.7**

(22) Date de dépôt: **03.12.2013**

(54) **Procédé et appareil de mesure de la fréquence et de l'amplitude des oscillations d'un oscillateur mécanique de mouvement horloger**

Messverfahren und -gerät der Schwingungsfrequenz und -amplitude eines mechanischen Oszillators in einem Uhrwerk

Method and apparatus for measuring the frequency and amplitude of the oscillations of a mechanical oscillator of a clock movement

(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**

(43) Date de publication de la demande:
10.06.2015 Bulletin 2015/24

(73) Titulaire: **Witschi Electronic AG
3294 Büren an der Aare (CH)**

(72) Inventeur: **Merz, Roman
2072 Saint-Blaise (CH)**

(74) Mandataire: **e-Patent SA
Rue Saint-Honoré 1
2000 Neuchâtel (CH)**

(56) Documents cités:
**CH-A- 339 886 FR-A- 1 210 892
FR-A1- 2 298 131 FR-A1- 2 767 205**

- **MEISSNER I ET AL: "Un nouvel équipement de mesures de l'organe réglant pour la montre mécanique", ACTES DU CONGRES EUROPEEN DE CHRONOMETRIE, SOCIETE SUISE DE CHRONOMETRIE, NEUCHATEL, CH, 26 septembre 2007 (2007-09-26), pages 39-45, XP001551327, ISSN: 1023-2699**

EP 2 881 809 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un procédé de mesure de la fréquence et de l'amplitude des oscillations d'un oscillateur mécanique de mouvement horloger, ainsi qu'un appareil de mesure pour la mise en œuvre de ce procédé.

[0002] De manière générale, de tels procédés permettent d'établir un diagnostic relatif au fonctionnement d'un mouvement horloger ou d'une pièce d'horlogerie, en déterminant notamment sa marche à partir de la valeur mesurée pour la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique.

[0003] Plus précisément, la présente invention concerne un procédé de mesure, du type mentionné plus haut, appliqué à un mouvement horloger non emboîté ou emboîté dans une boîte de pièce d'horlogerie de telle manière que son oscillateur mécanique est au moins partiellement visible au travers de la boîte, notamment au travers de la glace ou d'un fond transparent.

Etat de la technique

[0004] Différents procédés de mesure de ce type sont déjà connus dans l'état de la technique, qui permettent d'accéder à différentes informations relatives au fonctionnement d'un mouvement horloger.

[0005] A titre d'exemple, la Demanderesse commercialise divers appareils de mesure permettant de déterminer notamment la marche d'un oscillateur mécanique de mouvement horloger, c'est-à-dire sa déviation en secondes par 24h par rapport à une horloge de référence, l'amplitude des oscillations et le repère. La gamme d'appareils dénommée Chronoscope comprend des appareils de mesure permettant d'effectuer une détermination des paramètres mentionnés ci-dessus au moyen de mesures acoustiques, par enregistrement des bruits de l'échappement à l'aide d'un microphone. A titre illustratif, la mise en œuvre d'un appareil de cette gamme, le Chronoscope S1, est présentée dans le document disponible à l'adresse: <http://www.witschi.com/download/Formation%20Witschi.pdf>.

[0006] On relèvera que de nouveaux types d'échappement ont été développés ces dernières années, dont certains présentent des bruits rendant difficile leur exploitation par des appareils de mesure acoustique conventionnels.

[0007] D'autres appareils sont connus, qui mettent en œuvre des moyens de mesure optique des oscillations d'un oscillateur mécanique. Ainsi, la demande de brevet FR 2780169 décrit un appareil mettant en œuvre une source de rayonnement lumineux, émettant un faisceau lumineux en direction d'un balancier et, associée à un détecteur photoélectrique pour suivre les oscillations du balancier et mesurer le repère. Toutefois, la mise en œuvre du procédé correspondant est relativement complexe,

notamment du fait que les mesures sont très sensibles à toute source de perturbation lumineuse qui ne serait pas masquée.

[0008] Par ailleurs, la société suisse Qualimatest S.A. commercialise un appareil de mesure de la marche et de l'amplitude des oscillations d'un oscillateur mécanique de mouvement horloger sous la dénomination "Vidéo Balisomètre", dont un descriptif est disponible à l'adresse <http://www.qmt.ch/de/videobalisometre.php>. Une description de cet appareil est également donnée dans le document ayant le numéro de publication XP001551327. Cet appareil comporte notamment une caméra rapide, ou à haute fréquence d'acquisition, destinée à acquérir des images de l'oscillateur mécanique, à une fréquence élevée, après définition de fenêtres temporelles de mesures. Ainsi, les images acquises à haute fréquence autour des minima et maxima de l'élongation permettent de tracer la courbe d'élongation en fonction du temps, autour des extrema de l'élongation, et de déterminer la valeur de l'amplitude des oscillations.

[0009] En outre, cet appareil est également muni d'un Chronoscope S1 tel que décrit plus haut, pour comparer les mesures réalisées à partir de la caméra rapide à des mesures acoustiques.

[0010] Bien que l'utilisation d'une caméra haute vitesse dans cet appareil le rende précis en termes de mesures, elle implique également des coûts de fabrication et de vente de cet appareil relativement élevés. Un tel appareil est de ce fait davantage réservé à des utilisateurs de laboratoires de tests qu'à des horlogers souhaitant contrôler le bon fonctionnement des mouvements horlogers qu'ils viennent d'assembler. En outre, il est indispensable de définir des fenêtres d'acquisition des images étant donné le flux important de données découlant du fonctionnement à haute fréquence de la caméra. Une unité de traitement suffisamment performante est également requise pour traiter les données ainsi acquises et ne pas retarder l'obtention des résultats de manière inacceptable.

Divulgence de l'invention

[0011] Un but principal de la présente invention est de proposer un procédé de mesure de la fréquence et de l'amplitude des oscillations d'un oscillateur mécanique de mouvement horloger offrant une bonne précision de mesures, tout en étant simple et rapide à mettre en œuvre. En outre, un but supplémentaire du procédé selon la présente invention est d'en permettre la mise en œuvre par un appareil de mesure peu coûteux.

[0012] A cet effet, la présente invention concerne plus particulièrement un procédé de mesure tel que défini dans la revendication indépendante 1.

[0013] Grâce à ces caractéristiques, une caméra de type standard, beaucoup moins coûteuse qu'une caméra haute vitesse, peut être utilisée pour contrôler le fonctionnement d'un oscillateur mécanique de manière fiable et précise.

[0014] Suivant l'invention, les mesures permettant de déterminer la valeur de la fréquence des oscillations peuvent être des mesures optiques ou acoustiques. Les mesures peuvent notamment être basées sur la mesure de l'intensité lumineuse d'un faisceau lumineux réfléchi par une portion de l'oscillateur mécanique.

[0015] De manière avantageuse, la fréquence d'acquisition des images présente une valeur double de la valeur mesurée pour la fréquence de l'oscillateur, les images étant acquises à des instants décalés d'un quart de période par rapport aux instants associés à une élongation nulle de l'oscillateur mécanique. Le traitement des images ainsi obtenues permet d'accéder directement à la valeur de l'amplitude des oscillations de l'oscillateur mécanique, avec une bonne précision étant donné que la vitesse de déplacement de l'oscillateur mécanique est la plus faible autour des instants correspondants.

[0016] Suivant un mode de mise en œuvre préféré, les mesures permettant de conduire à la détermination d'une valeur mesurée de la fréquence sont réalisées au moyen d'une caméra, commandée pour effectuer, en boucle, l'acquisition d'images de l'oscillateur mécanique et, d'une part, identifier les instants associés sensiblement à une élongation nulle de l'oscillateur mécanique et, d'autre part, ajuster la fréquence d'acquisition des images de telle manière que sa valeur soit proportionnelle à celle de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique, avec un facteur de proportionnalité présentant la forme d'un nombre entier ou rationnel.

[0017] De manière préférée, la valeur de la fréquence d'acquisition des images est un multiple de quatre fois la valeur de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique.

[0018] De manière générale, on peut prévoir que le procédé comporte une étape supplémentaire de détermination de la marche de l'oscillateur mécanique à partir de la valeur mesurée pour sa fréquence d'oscillations.

[0019] Par ailleurs, comme mentionné précédemment, la présente invention concerne également un appareil de mesure de la fréquence et de l'amplitude des oscillations d'un oscillateur mécanique de mouvement horloger, cet appareil étant défini dans la revendication indépendante 7.

[0020] Suivant un premier mode de réalisation préféré, le dispositif de mesure comporte un microphone agencé pour permettre l'identification des instants associés sensiblement à une élongation nulle de l'oscillateur mécanique par détection des chocs d'un échappement associé à l'oscillateur mécanique.

[0021] De manière alternative, voire complémentaire, on peut prévoir que le dispositif de mesure comporte une source de rayonnement lumineux agencé pour émettre un faisceau lumineux en direction de l'oscillateur mécanique, ainsi qu'un capteur optique agencé pour recevoir un faisceau réfléchi par l'oscillateur mécanique comme suite à son illumination par le faisceau lumineux, l'unité de traitement électronique étant agencée pour permettre l'identification des instants associés sensiblement à une

élongation nulle de l'oscillateur mécanique à partir des mesures réalisées par le capteur optique.

[0022] Suivant un second mode de réalisation préféré, la caméra remplit elle-même la fonction du dispositif de mesure optique agencé pour permettre l'identification des instants associés sensiblement à une élongation nulle de l'oscillateur mécanique.

[0023] La présente invention concerne également un ensemble comportant un tel appareil de mesure, lorsqu'il est associé à une unité de traitement électronique comprenant un microprocesseur agencé pour traiter les résultats des mesures réalisées par l'appareil de mesure et en déduire la fréquence et l'amplitude des oscillations de l'oscillateur mécanique.

[0024] L'unité de traitement peut notamment comporter un ordinateur mettant en œuvre un programme adapté.

[0025] Suivant une variante de réalisation préférée, l'unité de traitement comprend un microprocesseur agencé pour commander la caméra et effectuer, en boucle, l'acquisition d'images de l'oscillateur mécanique et, d'une part, identifier les instants associés sensiblement à une élongation nulle de l'oscillateur mécanique et, d'autre part, ajuster la fréquence d'acquisition des images de telle manière que sa valeur soit un multiple de celle de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique.

[0026] Dans ce cas, l'unité de traitement comprend avantageusement une boucle de réglage comprenant un régulateur de type P, PI ou PID.

Brève description des dessins

[0027] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée de modes de réalisation préférés qui suit, faite en référence aux dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et dans lesquels:

- la figure 1 représente un diagramme schématique illustrant la structure d'un appareil de mesure selon un mode de réalisation préféré de la présente invention;
- la figure 2 représente un premier diagramme schématique illustrant des étapes de mise en œuvre d'un procédé de mesure selon un premier mode de réalisation préféré de la présente invention;
- la figure 3 représente un second diagramme schématique illustrant des étapes de mise en œuvre du procédé de mesure de la figure 2;
- la figure 4 représente un premier diagramme schématique illustrant des étapes de mise en œuvre d'un procédé de mesure selon un second mode de réalisation préféré de la présente invention;
- la figure 5 représente un deuxième diagramme schématique illustrant des étapes de mise en œuvre du procédé de mesure de la figure 4;
- la figure 6 représente un troisième diagramme sché-

matique illustrant des étapes de mise en œuvre du procédé de mesure de la figure 4

- la figure 7 représente un quatrième diagramme schématique illustrant des étapes de mise en œuvre du procédé de mesure de la figure 4, et
- la figure 8 représente un cinquième diagramme schématique illustrant des étapes de mise en œuvre du procédé de mesure de la figure 4.

Mode(s) de réalisation de l'invention

[0028] La figure 1 représente un diagramme schématique illustrant la structure d'un appareil de mesure selon un mode de réalisation préféré de la présente invention.

[0029] L'appareil de mesure 1 comporte un organe de connexion 2 à une unité de traitement électronique 4, comprenant notamment un microprocesseur 6 et, qui peut être intégrée directement à l'appareil de mesure 1 ou, en alternative, être un ordinateur distinct de type standard sur lequel est mis en œuvre un programme adapté.

[0030] L'appareil de mesure 1 est destiné à effectuer diverses mesures pour permettre la détermination de la fréquence et de l'amplitude des oscillations d'un oscillateur mécanique 8 de mouvement horloger 10.

[0031] Comme cela ressortira de la suite de la présente description, l'appareil de mesure selon l'invention permet de contrôler le fonctionnement d'oscillateurs mécaniques directement visibles, c'est-à-dire lorsque les mesures sont appliquées à des mouvements horlogers non emboîtés ou, en alternative, lorsqu'elles sont appliquées à des mouvements horlogers emboîtés de telle manière que leur oscillateur mécanique reste visible au travers une partie de la boîte, notamment au travers de la glace ou d'un fond transparent.

[0032] Le procédé de mesure selon la présente invention prévoit d'effectuer des mesures pour identifier des instants associés sensiblement à une elongation nulle de l'oscillateur mécanique, et en déduire une valeur mesurée de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique.

[0033] Suivant un premier mode de réalisation de la présente invention, il est prévu que l'appareil de mesure 1 comporte un dispositif de mesure 12, acoustique ou optique. Ce dispositif de mesure 12 est agencé pour permettre l'identification des instants associés sensiblement à une elongation nulle de l'oscillateur mécanique, en relation avec l'unité de traitement électronique 4, et en déduire une valeur mesurée de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique.

[0034] L'appareil 1 selon la présente invention comprend en outre une caméra 14, de type standard, agencée pour effectuer l'acquisition d'images de l'oscillateur mécanique et, commandée par un circuit 16 de générations de signaux de commande appropriés.

[0035] Par ailleurs, on notera que l'appareil 1 peut également être pourvu d'un dispositif d'éclairage 18 intégré approprié, optionnel, pour garantir une qualité des images acquises par la caméra 14 suffisante pour en per-

mettre le traitement ultérieur par l'unité de traitement 4. L'homme du métier ne rencontrera pas de difficulté particulière pour munir l'appareil d'un éclairage à LED par exemple, ou de tout autre type d'éclairage adapté, sans sortir du cadre de la présente invention.

[0036] La figure 2 représente un diagramme schématique illustrant des étapes de mise en œuvre d'un procédé de mesure selon un premier mode de réalisation préféré de la présente invention.

[0037] Le mouvement horloger à contrôler est disposé sur un support adéquat, soit directement, soit en étant emboîté dans la boîte de la pièce d'horlogerie correspondante, en étant préférablement maintenu au repos pendant quelques dizaines de secondes, au moins, pour assurer une stabilisation des oscillations de son oscillateur mécanique avant de débiter les mesures.

[0038] Pendant cette étape préparatoire, illustrée sur la figure 2 par la première case 20, l'éclairage optionnel peut également être ajusté pour garantir une bonne qualité des images qui seront acquises ultérieurement par la caméra 14.

[0039] Une première étape de mesures peut alors être mise en œuvre par l'intermédiaire du dispositif de mesure 12.

[0040] De manière préférée, le dispositif de mesure 12 comporte un microphone (non représenté) pour effectuer des mesures acoustiques du fonctionnement de l'oscillateur mécanique en relation avec un échappement. Le microphone génère des impulsions électriques basées sur les bruits de l'échappement et les transmet à l'unité de traitement 4 ou à un autre circuit de traitement spécifique (non illustré) du dispositif de mesure 12.

[0041] L'homme du métier ne rencontrera pas de difficulté particulière pour mettre en œuvre un dispositif de mesure 12 adapté sans sortir du cadre de la présente invention. Un dispositif similaire à un appareil de type Chronoscope, commercialisé par la Demanderesse tel que mentionné plus haut, pourra par exemple être utilisé, voire même une version simplifiée d'un tel appareil.

[0042] En alternative, le dispositif de mesure 12 peut comporter une cellule de mesure optique, de type conventionnel, comprenant notamment une source lumineuse, par exemple une ou plusieurs LED, associées à un détecteur photoélectrique. Un tel dispositif de mesure est généralement destiné à effectuer des mesures de l'intensité d'un faisceau réfléchi par une portion de l'oscillateur mécanique, cette intensité variant avec les oscillations de l'oscillateur mécanique. L'unité de traitement 4 ou un autre circuit de traitement spécifique traite les signaux générés par le détecteur photoélectrique, sur la base de données relatives à la forme géométrique et aux dimensions de l'oscillateur mécanique, pour en déduire des informations.

[0043] Dans un cas comme dans l'autre, les mesures effectuées à l'étape 22 permettent de conduire à l'identification des instants associés sensiblement à une elongation nulle de l'oscillateur mécanique, en relation avec l'unité de traitement électronique 4, et d'en déduire une

valeur mesurée de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique.

[0044] Sur la base de ces résultats, l'unité de traitement 4 commande le circuit 16 de générations de signaux pour qu'il commande lui-même la caméra 14, à l'étape 24.

[0045] Plus précisément, le circuit 16 commande la caméra 14 pour que la fréquence d'acquisition d'images présente une valeur proportionnelle à celle mesurée pour la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique 8, à l'étape 26, et pour que ces images soient acquises à des instants décalés d'un quart de période par rapport aux instants associés à une elongation nulle de l'oscillateur mécanique 8.

[0046] Le principe de ces mesures est illustré sur la figure 3 représentant l'évolution de l'elongation de l'oscillateur mécanique 8 en fonction du temps. L'oscillateur mécanique 8 oscille ici avec une fréquence de 4Hz, à titre d'exemple illustratif non limitatif.

[0047] Les croix illustrées sur la courbe sinusoïdale correspondent aux mesures effectuées par le dispositif de mesure 12, soit sensiblement aux instants associés à une elongation nulle de l'oscillateur mécanique 8. La caméra 14 est alors commandée pour acquérir des images aux instants marquées par des ronds sur la courbe sinusoïdale, ces instants correspondants sensiblement à des extrema d'amplitude pour l'oscillateur mécanique 8.

[0048] La figure 3 illustre une variante de mise en œuvre préférée du procédé de mesure, selon laquelle la fréquence d'acquisition des images présente une valeur double de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique 8. Avec une telle valeur, les deux extrema d'amplitude sont enregistrés pour chaque oscillation. Bien entendu, l'homme du métier pourra utiliser des valeurs différentes pour effectuer l'acquisition d'images avec la caméra 14, préférablement des multiples pairs de la valeur mesurée pour la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique 8.

[0049] Il ressort à l'évidence de la figure 3 que la vitesse de déplacement de l'oscillateur mécanique 8 est minimale autour des points correspondant à l'amplitude maximale des oscillations, ce qui garantit une bonne précision des mesures réalisées.

[0050] L'amplitude des oscillations de l'oscillateur mécanique 8 peut être calculée, à l'étape 28 sur la figure 2, par l'unité de traitement 4.

[0051] L'homme du métier ne rencontrera pas de difficulté particulière pour programmer l'unité de traitement 4 et parvenir au résultat souhaité, sans sortir du cadre de la présente invention.

[0052] On notera par exemple que l'unité de traitement 4 peut exécuter un algorithme de reconnaissance de forme permettant de définir au moins un point de référence sur la surface de l'oscillateur mécanique 8. Ainsi, après une étape transitoire d'assimilation de la forme de l'oscillateur mécanique et de sélection d'un tel point de référence, les images acquises par la caméra peuvent être

traitées de manière à suivre les déplacements de ce point de référence en fonction du temps. Un tel programme peut notamment inclure des hypothèses à vérifier pour exclure certains cas de figures auxquels pourrait aboutir le traitement des images, prenant notamment en compte l'ordre de grandeur attendu pour l'amplitude ou encore la fréquence des oscillations. Tel pourrait être le cas, par exemple, pour faire la différence entre plusieurs bras identiques d'un balancier.

[0053] L'amplitude peut par exemple être calculée comme étant la moyenne des valeurs absolues des elongations maximales pour chaque oscillation, voire comme une moyenne de cette valeur prise sur plusieurs oscillations successives.

[0054] L'homme du métier ne rencontrera pas non plus de difficulté particulière pour choisir une méthode de traitement des mesures adaptée à ses propres besoins, sans sortir du cadre de l'invention.

[0055] Selon un second mode de réalisation préféré de la présente invention, la caméra 14 peut être mise à profit pour effectuer l'identification des instants associés sensiblement à une elongation nulle de l'oscillateur mécanique 8, en relation avec l'unité de traitement électronique 4, et en déduire une valeur mesurée de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique. Dans ce cas, la mise en œuvre du dispositif de mesure 12 tel qu'il a été décrit en relation avec le premier mode de réalisation n'est pas nécessaire, tandis que l'unité de traitement est agencée pour exécuter notamment un algorithme de reconnaissance de forme, comme mentionné précédemment.

[0056] La figure 4 représente un diagramme schématique illustrant des étapes de mise en œuvre d'un procédé de mesure selon le second mode de réalisation préféré de la présente invention.

[0057] De même que dans le premier mode de réalisation préféré, le mouvement horloger à contrôler est disposé sur un support adéquat, en étant préférablement maintenu au repos pendant quelques dizaines de secondes, au moins, pour assurer une stabilisation des oscillations de son oscillateur mécanique avant de débiter les mesures.

[0058] Pendant cette étape préparatoire, illustrée sur la figure 4 par la première case 40, l'éclairage optionnel peut également être ajusté pour garantir une bonne qualité des images qui seront acquises ultérieurement par la caméra 14.

[0059] Une première étape de mesures peut alors être mise en œuvre au moyen de la caméra 14, schématisée à l'étape 42 sur la figure 4, consistant à effectuer une synchronisation entre les instants associés à l'acquisition d'images par la caméra 14 et la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique.

[0060] Le but de cette étape de synchronisation est d'adapter le cadencement de l'acquisition d'images pour qu'il présente une relation fixe prédéfinie avec la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique 8.

[0061] La mise en œuvre de cette étape est illustrée

de manière schématique sur les figures 5, 6 et 7.

[0062] Sur ces figures, on a représenté une fréquence d'acquisition des images par la caméra 14 qui est sensiblement égale à quatre fois celle des oscillations de l'oscillateur mécanique, à titre illustratif non limitatif.

[0063] L'homme du métier pourra mettre en œuvre le procédé de mesure en utilisant un rapport multiplicatif différent entre les fréquences de la caméra et des oscillations en fonction de ses besoins et sans sortir du cadre de la présente invention. Ce rapport multiplicatif pourra notamment être un multiple de quatre, voire même un nombre rationnel, auquel cas le traitement des mesures portera sur des mesures effectuées sur plusieurs périodes d'oscillations.

[0064] La figure 5 représente un cas particulier selon lequel l'acquisition des images est en retard sur les oscillations de l'oscillateur mécanique 8, la fréquence d'acquisition des images étant bien égale à quatre fois celle des oscillations.

[0065] Les images acquises au cours d'une n-ième oscillation sont notées P_{n1} , P_{n2} , P_{n3} et P_{n4} . A chaque image acquise sont associés un instant t_{n1} , t_{n2} , t_{n3} et t_{n4} et une valeur de l'élongation de l'oscillateur mécanique, φ_{n1} , φ_{n2} , φ_{n3} et φ_{n4} .

[0066] Dans le cas de la figure 5, on constate que le retard dans l'acquisition des images se traduit par une valeur négative de la grandeur $\varphi_{n3}-\varphi_{n1}$.

[0067] La figure 6 représente un autre cas particulier selon lequel l'acquisition des images est en avance sur les oscillations de l'oscillateur mécanique 8, la fréquence d'acquisition des images étant toujours bien égale à quatre fois celle des oscillations.

[0068] Dans ce cas, on constate que la grandeur $\varphi_{n3}-\varphi_{n1}$ est positive.

[0069] La figure 7 représente un autre cas particulier selon lequel la fréquence d'acquisition des images n'est pas proportionnelle à celle des oscillations de l'oscillateur mécanique 8.

[0070] On constate sur la figure 7 que la fréquence d'acquisition des images est progressivement corrigée, de telle manière qu'au bout d'environ 2 secondes de mesures, la fréquence d'acquisition des images soit effectivement égale à quatre fois la fréquence des oscillations.

[0071] En effet, l'unité de traitement 4 est agencée pour prendre en compte tous ces cas de figures (retard ou avance des mesures et non proportionnalité entre les fréquences) et générer des signaux adaptés à l'attention du circuit 16 de commande de la caméra 14 pour corriger les instants auxquels des images sont acquises.

[0072] L'homme du métier ne rencontrera pas de difficulté particulière pour mettre en œuvre une unité de traitement permettant de remplir une telle fonction. En particulier, l'unité de traitement est préférablement munie d'un régulateur de type P, PI ou PID ("Proportionnel", "Proportionnel Intégral" ou "Proportionnel Intégral Dérivé") agencé pour permettre le traitement des images en boucle et ajuster la valeur de la fréquence et des instants d'acquisition au fur et à mesure du traitement des images.

A titre d'exemple non limitatif, partant de la situation illustrée sur la figure 7, il est possible d'effectuer l'ajustement de la fréquence d'acquisition des images, à partir des mesures de la grandeur $\varphi_{n3}-\varphi_{n1}$ de la manière suivante: en supposant que la durée séparant deux prises d'images de la caméra 14 soit initialement donnée par $T[0]$, il est alors possible d'utiliser un régulateur P pour corriger cette durée, en appliquant par exemple une loi du type $T[n+1]=T[0]+\alpha(\varphi_{n3}-\varphi_{n1})$, α étant un facteur de proportionnalité défini par le régulateur. Un régulateur P permet d'ajuster rapidement la fréquence d'acquisition des images par la caméra 14. Un régulateur de type PI peut être utilisé, par exemple, pour corriger les instants auxquels les images sont acquises, pour les synchroniser notamment avec les instants auxquels l'élongation de l'oscillateur est nulle.

[0073] Ainsi, l'étape 42 (figure 4) est une étape de traitement en boucle des images acquises pendant une première phase, de synchronisation, de telle manière que la grandeur $\varphi_{n3}-\varphi_{n1}$ soit nulle (cette grandeur étant constante lorsque les fréquences d'acquisition et d'oscillations sont proportionnelles, et nulle lorsque les images sont synchronisées avec des passages de l'oscillateur dans sa position d'élongation nulle).

[0074] Une fois l'opération de synchronisation finalisée, à l'étape 44, on passe à l'acquisition des images qui vont permettre, après traitement, de déterminer l'amplitude des oscillations de l'oscillateur mécanique 8.

[0075] L'étape 44 de mesures est illustrée de manière schématique sur la figure 8, alors que l'acquisition des images est synchronisée avec les oscillations de l'oscillateur mécanique 8, c'est-à-dire que la fréquence d'acquisition présente une valeur qui est un multiple de celle de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique.

[0076] De même que pour le premier mode de réalisation, le circuit 16 commande la caméra 14 pour que la fréquence d'acquisition d'images présente une valeur - proportionnelle - au moins égale à celle mesurée pour la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique 8, et pour que ces images soient acquises au moins à des instants décalés d'un quart de période par rapport aux instants associés à une élongation nulle de l'oscillateur mécanique 8.

[0077] Le principe de ces mesures est illustré sur la figure 8 représentant l'évolution de l'élongation de l'oscillateur mécanique 8 en fonction du temps. L'oscillateur mécanique oscille ici avec une fréquence de 4Hz, à titre d'exemple illustratif non limitatif.

[0078] La caméra 14 est commandée pour acquérir des images aux instants marqués par des ronds sur la courbe sinusoïdale, ces instants correspondants sensiblement, soit à des instants auxquels l'oscillateur présente sensiblement une élongation nulle, soit à des extrema d'amplitude des oscillations.

[0079] La figure 8 illustre une variante de mise en œuvre préférée du procédé de mesure, selon laquelle la fréquence d'acquisition des images présente une valeur

égale à quatre fois celle de la fréquence des oscillations. Avec une telle valeur, les deux extrema d'amplitude sont enregistrés pour chaque oscillation, en plus des deux instants auxquels l'oscillateur présente une élongation nulle. Bien entendu, l'homme du métier pourra utiliser des valeurs différentes pour effectuer l'acquisition d'images avec la caméra 14, préférablement des multiples du quadruple de la valeur mesurée pour la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique 8.

[0080] De même que dans le premier mode de réalisation, la vitesse de déplacement de l'oscillateur mécanique 8 est minimale autour des points correspondants à l'amplitude maximale des oscillations, ce qui garantit une bonne précision des mesures réalisées.

[0081] L'amplitude des oscillations de l'oscillateur mécanique 8 peut être calculée, à l'étape 46 sur la figure 4, par l'unité de traitement 4, par exemple en calculant la moyenne des amplitudes maximales d'un côté et de l'autre pour chaque oscillation, voire comme une moyenne de cette valeur prise sur plusieurs oscillations successives, comme déjà évoqué plus haut.

[0082] On comprend de la description qui précède que le procédé de mesure selon la présente invention permet simplement et rapidement de déterminer la fréquence et l'amplitude des oscillations d'un oscillateur mécanique au moins partiellement visible, par la mise en œuvre d'un appareil de mesure de conception relativement simple et peu coûteuse.

[0083] La description qui précède s'attache à décrire un mode de réalisation particulier à titre d'illustration non limitative et, l'invention n'est pas limitée à la mise en œuvre de certaines caractéristiques particulières qui viennent d'être décrites, comme par exemple le fait que l'unité de traitement est une unité indépendante, comme un ordinateur de type PC notamment. En effet, il est possible de prévoir que l'unité de traitement soit intégrée directement dans l'appareil de mesure sans sortir du cadre de la présente invention, même s'il peut être plus avantageux pour un utilisateur de pouvoir utiliser son propre ordinateur, en y installant simplement un programme de traitement adéquat des mesures effectuées. De manière similaire, il est possible de prévoir que le circuit 16 de commande de la caméra soit intégré dans l'unité de traitement sans sortir du cadre de la présente invention.

[0084] On notera que le procédé de mesure selon la présente invention peut être appliqué à différents types d'oscillateurs mécaniques sans sortir du cadre de l'invention, comme notamment des balanciers-spiraux ou des oscillateurs de type diapason. La fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique importe peu pour la mise en œuvre du présent procédé, pour autant que la durée d'acquisition d'une image par la caméra soit très faible en référence à la période des oscillations mesurées. En outre, il n'est pas indispensable que l'intégralité de l'oscillateur mécanique figure sur les images acquises par la caméra pour permettre un traitement efficace des images. Les algorithmes de traitement mis en œuvre, notamment pour la reconnaissance de formes, peuvent

comporter des hypothèses à vérifier pour lever des ambiguïtés d'interprétation.

[0085] L'homme du métier ne rencontrera pas de difficulté particulière pour adapter le contenu de la présente divulgation à ses propres besoins et mettre en œuvre un procédé de mesure de la fréquence et de l'amplitude d'un oscillateur mécanique tirant profit de mesures effectuées par une caméra, de type standard, suite à la détermination d'instantanés auxquels l'oscillateur présente une élongation nulle conduisant à la valeur de la fréquence des oscillations, sans sortir du cadre de l'invention telle que définie par les revendications.

15 Revendications

1. Procédé de mesure de la fréquence et de l'amplitude des oscillations d'un oscillateur mécanique (8) de mouvement horloger (10), comportant les étapes consistant à effectuer des mesures optiques ou acoustiques pour identifier des instants associés sensiblement à une élongation nulle de l'oscillateur mécanique (8), et en déduire une valeur mesurée de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique (8),
sélectionner un point de référence de l'oscillateur mécanique (8),
commander une caméra (14), de type standard, pour effectuer l'acquisition d'images de l'oscillateur mécanique (8) incluant ledit point de référence, à une fréquence d'acquisition dont la valeur est ajustée pour être un multiple de ladite valeur mesurée, de telle manière qu'au moins une partie desdites images soient associées à des instants auxquels ledit point de référence est situé dans des positions correspondant sensiblement aux élongations minimale et/ou maximale de l'oscillateur mécanique (8), et en déduire la valeur de l'amplitude des oscillations de l'oscillateur mécanique (8).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lesdites mesures sont basées sur la mesure de l'intensité lumineuse d'un faisceau lumineux réfléchi par une portion de l'oscillateur mécanique (8).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** ladite fréquence d'acquisition d'images présente une valeur double de ladite valeur mesurée, lesdites images étant acquises à des instants décalés d'un quart de période par rapport auxdits instants associés à une élongation nulle de l'oscillateur mécanique (8).
4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lesdites mesures, permettant de conduire à la détermination d'une valeur mesurée de la fréquence, sont réalisées au moyen d'une caméra (14) commandée pour effectuer, en boucle, l'acquisition

- d'images de l'oscillateur mécanique (8) et, d'une part, identifier les instants associés sensiblement à une elongation nulle de l'oscillateur mécanique (8) et, d'autre part, ajuster la fréquence d'acquisition des images de telle manière que sa valeur soit proportionnelle à celle de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique (8), avec un facteur de proportionnalité présentant la forme d'un nombre entier ou rationnel.
- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** ladite valeur de la fréquence d'acquisition des images est un multiple de quatre fois la valeur de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique (8).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte une étape supplémentaire de détermination de la marche de l'oscillateur mécanique (8) à partir de la valeur mesurée pour sa fréquence d'oscillations.
7. Appareil (1) de mesure de la fréquence et de l'amplitude des oscillations d'un oscillateur mécanique (8) de mouvement horloger (10), comportant un organe de connexion (2) à une unité de traitement électronique (4) et un dispositif (12) de mesure acoustique ou optique agencé pour permettre l'identification des instants associés sensiblement à une elongation nulle de l'oscillateur mécanique (8), en relation avec l'unité de traitement électronique (4), et en déduire une valeur mesurée de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique (8), **caractérisé en ce qu'il** comporte une caméra (14), de type standard, agencée pour effectuer l'acquisition d'images de l'oscillateur mécanique (8) incluant un point de référence, à une fréquence d'acquisition dont la valeur est ajustée pour être un multiple de ladite valeur mesurée, de telle manière qu'au moins une partie desdites images soient associées à des instants auxquels ledit point de référence est situé dans des positions correspondant sensiblement aux elongations minimale et/ou maximale de l'oscillateur mécanique (8), et permettre d'en déduire la valeur de l'amplitude des oscillations de l'oscillateur mécanique (8) en relation avec l'unité de traitement électronique (4).
8. Appareil (1) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** ledit dispositif (12) de mesure comporte un microphone agencé pour permettre l'identification des instants associés sensiblement à une elongation nulle de l'oscillateur mécanique (8) par détection des chocs d'un échappement associé à l'oscillateur mécanique (8).
9. Appareil (1) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** ledit dispositif (12) de mesure comporte une source de rayonnement lumineux agencée pour émettre un faisceau lumineux en direction de l'oscillateur mécanique (8), ainsi qu'un capteur optique agencé pour recevoir un faisceau réfléchi par l'oscillateur mécanique (8) comme suite à son illumination par ledit faisceau lumineux, pour permettre l'identification des instants associés sensiblement à une elongation nulle de l'oscillateur mécanique (8) à partir des mesures réalisées par ledit capteur optique en relation avec l'unité de traitement électronique (4).
10. Ensemble comportant un appareil (1) de mesure selon l'une quelconque des revendications 7 à 9 associé à une unité de traitement électronique (4) comprenant un microprocesseur (6) agencé pour traiter les résultats des mesures réalisées par ledit appareil (1) de mesure et en déduire la fréquence et l'amplitude des oscillations de l'oscillateur mécanique (8).
11. Ensemble comportant un appareil (1) de mesure selon la revendication 7, dans lequel ladite caméra (14) remplit elle-même la fonction dudit dispositif (12) de mesure optique agencé pour permettre l'identification des instants associés sensiblement à une elongation nulle de l'oscillateur mécanique (8), ledit appareil étant associé à une unité de traitement électronique (4) comprenant un microprocesseur (6) agencé pour commander ladite caméra (14) et effectuer, en boucle, l'acquisition d'images de l'oscillateur mécanique (8) et, d'une part, identifier les instants associés sensiblement à une elongation nulle de l'oscillateur mécanique (8) et, d'autre part, ajuster la fréquence d'acquisition des images de telle manière que sa valeur soit un multiple de celle de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique (8).
12. Ensemble selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** ladite unité de traitement électronique (4) comporte une boucle de réglage comprenant un régulateur de type P, PI ou PID.
- Patentansprüche**
1. Verfahren zum Messen der Frequenz und der Amplitude von Oszillationen eines mechanischen Oszillators (8) eines Uhrwerks (10), das die folgenden Schritte umfasst:
- Ausführen optischer oder akustischer Messungen, um Zeitpunkte zu identifizieren, die im Wesentlichen einer Nullauslenkung des mechanischen Oszillators (8) zugeordnet sind, und daraus Ableiten eines Messwertes der Frequenz der Oszillationen des mechanischen Oszillators (8),

- Auswählen eines Referenzpunkts des mechanischen Oszillators (8),
Anweisen einer Kamera (14) des Standardtyps, die Erfassung von Bildern des mechanischen Oszillators (8), die den Referenzpunkt enthalten, mit einer Erfassungsfrequenz auszuführen, deren Wert so eingestellt ist, dass er ein Vielfaches des Messwertes ist, derart, dass wenigstens ein Teil der Bilder den Zeitpunkten zugeordnet ist, zu denen sich der Referenzpunkt an Positionen befindet, die im Wesentlichen einer minimalen und/oder einer maximalen Auslenkung des mechanischen Oszillators (8) entsprechen, und daraus Ableiten des Wertes der Amplitude der Oszillationen des mechanischen Oszillators (8).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messungen auf der Messung der Lichtstärke eines Lichtstrahlenbündels, das von einem Abschnitt des mechanischen Oszillators (8) reflektiert wird, beruhen.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bilderfassungsfrequenz den doppelten Wert des gemessenen Wertes aufweist, wobei die Bilder zu Zeitpunkten erfasst werden, die in Bezug auf die Zeitpunkte, die einer Nullauslenkung des mechanischen Oszillators (8) zugeordnet sind, um eine Viertelperiode verschoben sind.
 4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messungen, die die Ausführung der Bestimmung eines gemessenen Wertes der Frequenz erlauben, mittels einer Kamera (14) ausgeführt werden, die gesteuert wird, um in einer Schleife die Erfassung von Bildern des mechanischen Oszillators (8) auszuführen und einerseits die Zeitpunkte zu identifizieren, die im Wesentlichen einer Nullauslenkung des mechanischen Oszillators (8) zugeordnet sind, und andererseits die Erfassungsfrequenz der Bilder in der Weise einzustellen, dass ihr Wert zu jener der Frequenz der Oszillationen des mechanischen Oszillators (8) proportional ist, wobei der Proportionalitätsfaktor die Form einer ganzen oder rationalen Zahl hat.
 5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wert der Erfassungsfrequenz der Bilder ein Vielfaches des Vierfachen des Wertes der Frequenz der Oszillationen des mechanischen Oszillators (8) ist.
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es einen zusätzlichen Schritt des Bestimmens des Gangs des mechanischen Oszillators (8) ausgehend von dem gemessenen Wert seiner Oszillationsfrequenz umfasst.
 7. Vorrichtung (1) zum Messen der Frequenz und der Amplitude der Oszillationen eines mechanischen Oszillators (8) eines Uhrwerks (10), die ein Organ (2) für die Verbindung mit einer elektronischen Verarbeitungseinheit (4) und eine Einrichtung (12) für akustische oder optische Messung, die dafür ausgelegt ist, die Identifizierung von Zeitpunkten, die im Wesentlichen einer Nullauslenkung des mechanischen Oszillators (8) zugeordnet sind, in Beziehung zu der elektronischen Verarbeitungseinheit (4) zu erlauben, und daraus einen gemessenen Wert der Frequenz der Oszillationen des mechanischen Oszillators (8) abzuleiten, umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Kamera (14) des Standardtyps umfasst, die dafür ausgelegt ist, die Erfassung von Bildern des mechanischen Oszillators (8), die einen Referenzpunkt enthalten, mit einer Erfassungsfrequenz auszuführen, deren Wert auf ein Vielfaches des gemessenen Wertes eingestellt ist, derart, dass wenigstens einen Teil der Bilder Zeitpunkten zugeordnet ist, an denen sich der Referenzpunkt an Positionen befindet, die im Wesentlichen der minimalen und/oder der maximalen Auslenkung des mechanischen Oszillators (8) entsprechen, und zu ermöglichen, daraus den Wert der Amplitude der Oszillationen des mechanischen Oszillators (8) in Beziehung zu der elektronischen Verarbeitungseinheit (4) abzuleiten.
 8. Vorrichtung (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung (12) ein Mikrofon enthält, das dafür ausgelegt ist, die Identifizierung von Zeitpunkten, die im Wesentlichen einer Nullauslenkung des mechanischen Oszillators (8) zugeordnet sind, durch Detektion von Stößen einer Hemmung, die dem mechanischen Oszillators (8) zugeordnet ist, zu erlauben.
 9. Vorrichtung (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung (12) eine Lichtstrahlungsquelle, die dafür ausgelegt ist, ein Lichtstrahlenbündel in Richtung des mechanischen Oszillators (8) auszusenden, sowie einen optischen Sensor, der dafür ausgelegt ist, das Strahlenbündel, das von dem mechanischen Oszillator (8) als Folge seiner Belichtung durch das Lichtstrahlenbündel reflektiert wird, zu empfangen, umfasst, um die Identifizierung von Zeitpunkten, die im Wesentlichen einer Nullauslenkung des mechanischen Oszillators (8) zugeordnet sind, anhand von Messungen, die durch den optischen Sensor in Beziehung zu der elektronischen Verarbeitungseinheit (4) ausgeführt werden, zu erlauben.
 10. Anordnung, die eine Messvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 9 umfasst, der eine elek-

tronische Verarbeitungseinheit (4) zugeordnet ist, die einen Mikroprozessor (6) enthält, der dafür ausgelegt ist, die Ergebnisse der Messungen, die von der Messvorrichtung (1) ausgeführt werden, zu verarbeiten und daraus die Frequenz und die Amplitude der Oszillationen des mechanischen Oszillators (8) abzuleiten.

11. Anordnung, die eine Messvorrichtung (1) nach Anspruch 7 umfasst, wobei die Kamera (14) ihrerseits die Funktion der optischen Messeinrichtung (12) erfüllt und dafür ausgelegt ist, die Identifizierung von Zeitpunkten, die im Wesentlichen einer Nullauslenkung des mechanischen Oszillators (8) zugeordnet sind, zu erlauben, wobei der Vorrichtung eine elektronische Verarbeitungseinheit (4) zugeordnet ist, die einen Mikroprozessor (6) enthält, der dafür ausgelegt ist, die Kamera (14) zu steuern und in einer Schleife die Erfassung von Bildern des mechanischen Oszillators (8) auszuführen und einerseits die Zeitpunkte, die im Wesentlichen einer Nullauslenkung des mechanischen Oszillators (8) zugeordnet sind, zu identifizieren und andererseits die Erfassungsfrequenz der Bilder einzustellen, derart, dass ihr Wert ein Vielfaches jener der Frequenz der Oszillationen des mechanischen Oszillators (8) ist.
12. Anordnung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Verarbeitungseinheit (4) eine Regelschleife enthält, die einen Regulator des Typs P, PI oder PID aufweist.

Claims

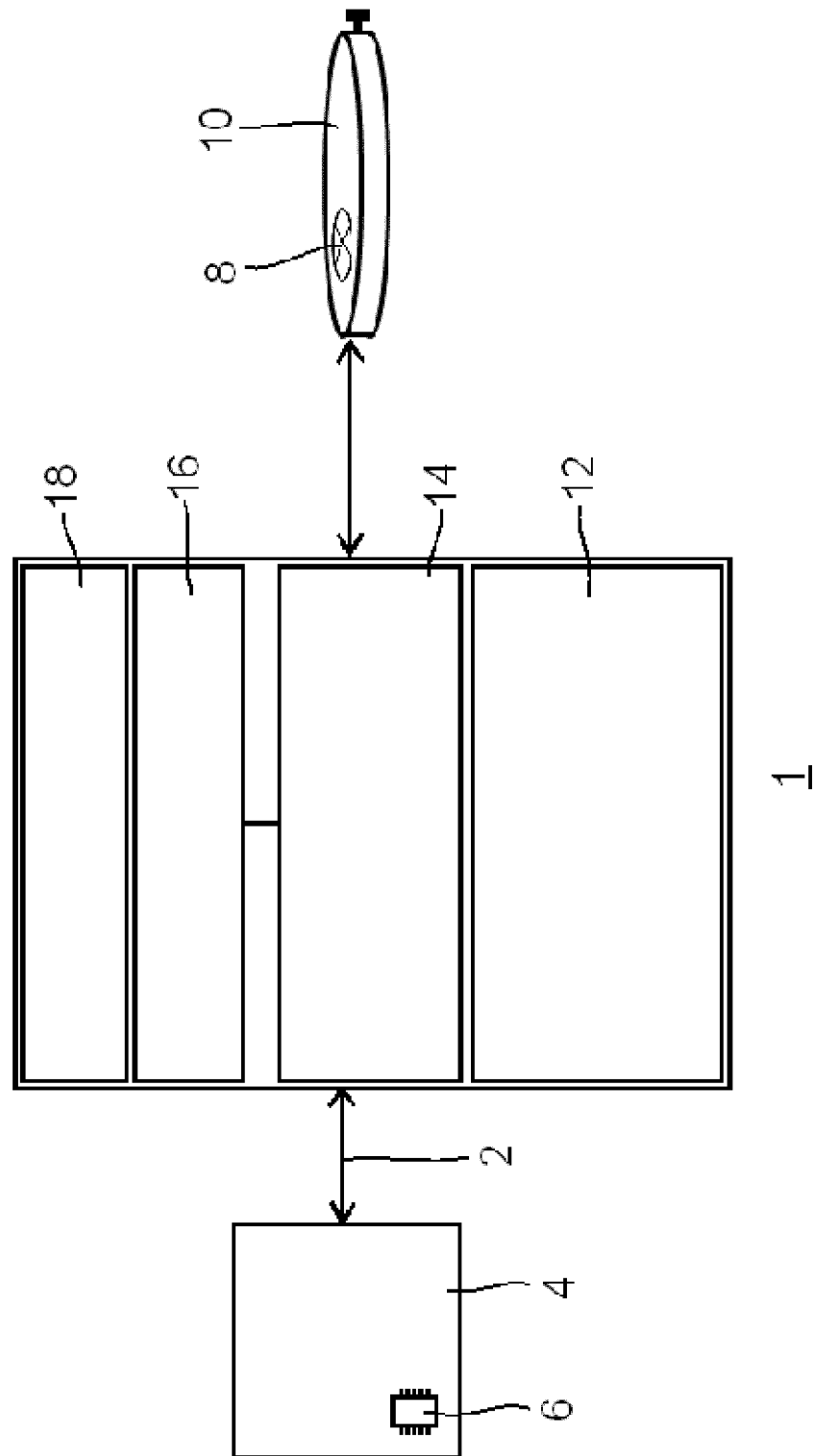
1. Method for measuring the frequency and the amplitude of the oscillations of a mechanical oscillator (8) of a horological movement (10), comprising the steps consisting in performing optical or acoustic measurements to identify instants sensibly associated with a zero elongation of the mechanical oscillator (8), and deducing therefrom a measured value of the frequency of the oscillations of the mechanical oscillator (8), selecting a reference point of the mechanical oscillator (8), controlling a camera (14), of standard type, to perform the acquisition of images of the mechanical oscillator (8) including said reference point, at an acquisition frequency whose value is adjusted to be a multiple of said measured value, so that at least some of said images are associated with instants at which said reference point is situated in positions sensibly corresponding to the minimum and/or maximum elongations of the mechanical oscillator (8), and deducing therefrom the value of the amplitude of the oscillations of the mechanical oscillator (8).

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** said measurements are based on the measurement of the light intensity of a light beam reflected by a portion of the mechanical oscillator (8).
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** said image acquisition frequency has a value twice said measured value, said images being acquired at instants offset by a quarter period with respect to said instants associated with a zero elongation of the mechanical oscillator (8).
4. Method according to Claim 1, **characterized in that** said measurements, making it possible to lead to the determination of a measured value of the frequency, are performed by means of a camera (14) controlled to perform, in a loop, the acquisition of images of the mechanical oscillator (8) and, on the one hand, identify the instants associated sensibly with a zero elongation of the mechanical oscillator (8) and, on the other hand, adjust the image acquisition frequency so that its value is proportional to that of the frequency of the oscillations of the mechanical oscillator (8), with a proportionality factor in the form of an integer or rational number.
5. Method according to Claim 4, **characterized in that** said value of the image acquisition frequency is a multiple of four times the value of the frequency of the oscillations of the mechanical oscillator (8).
6. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** it comprises an additional step of determination of the working of the mechanical oscillator (8) from the value measured for its frequency of oscillations.
7. Apparatus (1) for measuring the frequency and the amplitude of the oscillations of a mechanical oscillator (8) of a horological movement (10), comprising a connection member (2) connecting to an electronic processor unit (4) and an acoustic or optical measurement device (12) arranged to allow the identification of the instants sensibly associated with a zero elongation of the mechanical oscillator (8), in connection with the electronic processor unit (4), and deduce therefrom a measured value of the frequency of the oscillations of the mechanical oscillator (8), **characterized in that** it comprises a camera (14), of standard type, arranged to perform the acquisition of images of the mechanical oscillator (8) including a reference point, at an acquisition frequency whose value is adjusted to be a multiple of said measured value, so that at least some of said images are associated with instants at which said reference point is situated in positions sensibly corresponding to the minimum and/or maximum elongations of the mechanical oscillator (8), and make it possible to de-

duce therefrom the value of the amplitude of the oscillations of the mechanical oscillator (8) in connection with the electronic processor unit (4).

8. Apparatus (1) according to Claim 7, **characterized in that** said measurement device (12) comprises a microphone arranged to allow the identification of the instants sensibly associated with a zero elongation of the mechanical oscillator (8) by detection of the impacts of an escapement associated with the mechanical oscillator (8). 5
10
9. Apparatus (1) according to Claim 7, **characterized in that** said measurement device (12) comprises a light radiation source arranged to emit a light beam towards the mechanical oscillator (8), and an optical sensor arranged to receive a beam reflected by the mechanical oscillator (8) following its illumination by said light beam, to allow the identification of the instants sensibly associated with a zero elongation of the mechanical oscillator (8) from the measurements performed by said optical sensor in connection with the electronic processor unit (4). 15
20
10. Assembly comprising a measurement apparatus (1) according to any one of Claims 7 to 9 associated with an electronic processor unit (4) comprising a microprocessor (6) arranged to process the results of the measurements performed by said measurement apparatus (1) and deduce therefrom the frequency and the amplitude of the oscillations of the mechanical oscillator (8). 25
30
11. Assembly comprising a measurement apparatus (1) according to Claim 7, wherein said camera (14) itself fulfils the function of said optical measurement device (12) arranged to allow the identification of the instants sensibly associated with a zero elongation of the mechanical oscillator (8), said apparatus being associated with an electronic processor unit (4) comprising a microprocessor (6) arranged to control said camera (14) and perform, in a loop, the acquisition of images of the mechanical oscillator (8) and, on the one hand, identify the instants sensibly associated with a zero elongation of the mechanical oscillator (8) and, on the other hand, adjust the image acquisition frequency so that its value is a multiple of that of the frequency of the oscillations of the mechanical oscillator (8). 35
40
45
50
12. Assembly according to Claim 11, **characterized in that** said electronic processor unit (4) comprises a setting loop comprising a regulator of P, PI or PID type. 55

Fig. 1



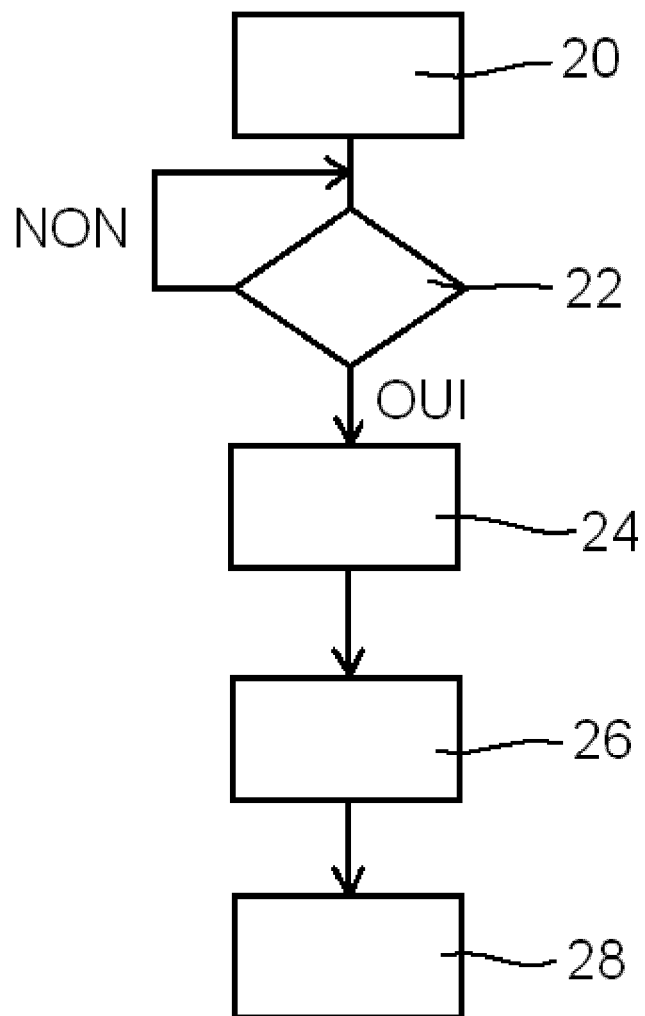
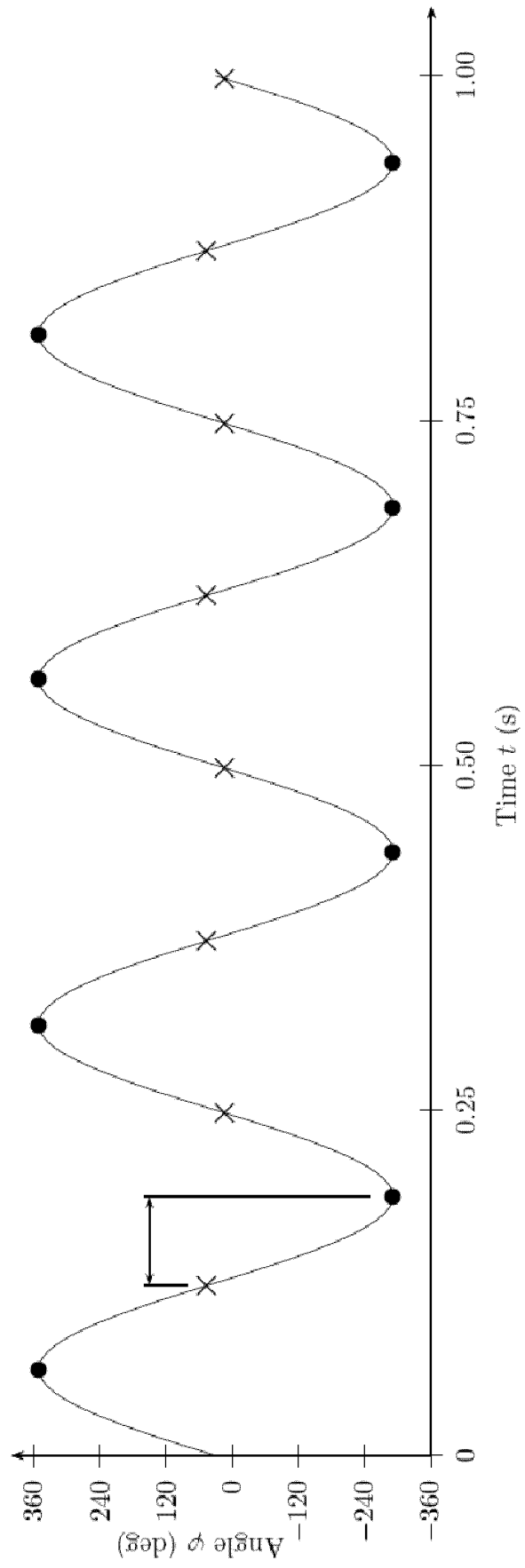


Fig. 2

Fig. 3



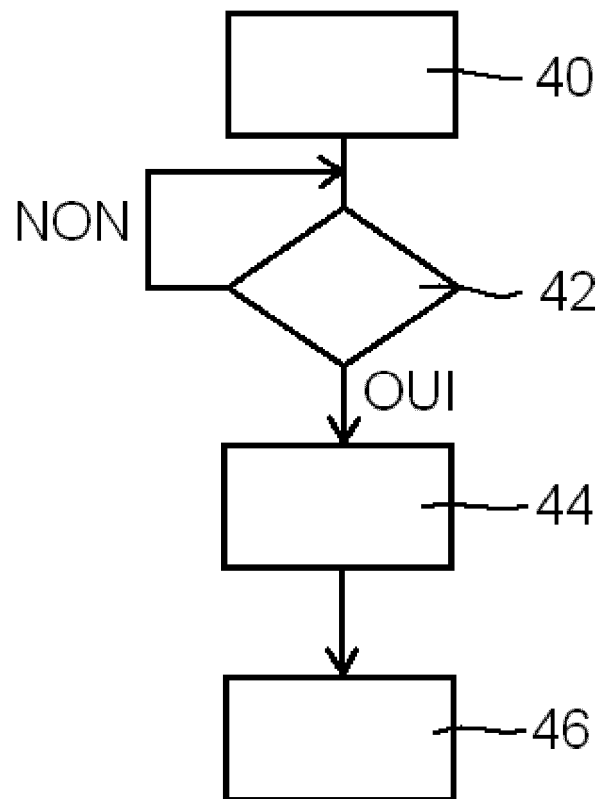


Fig. 4

Fig. 5

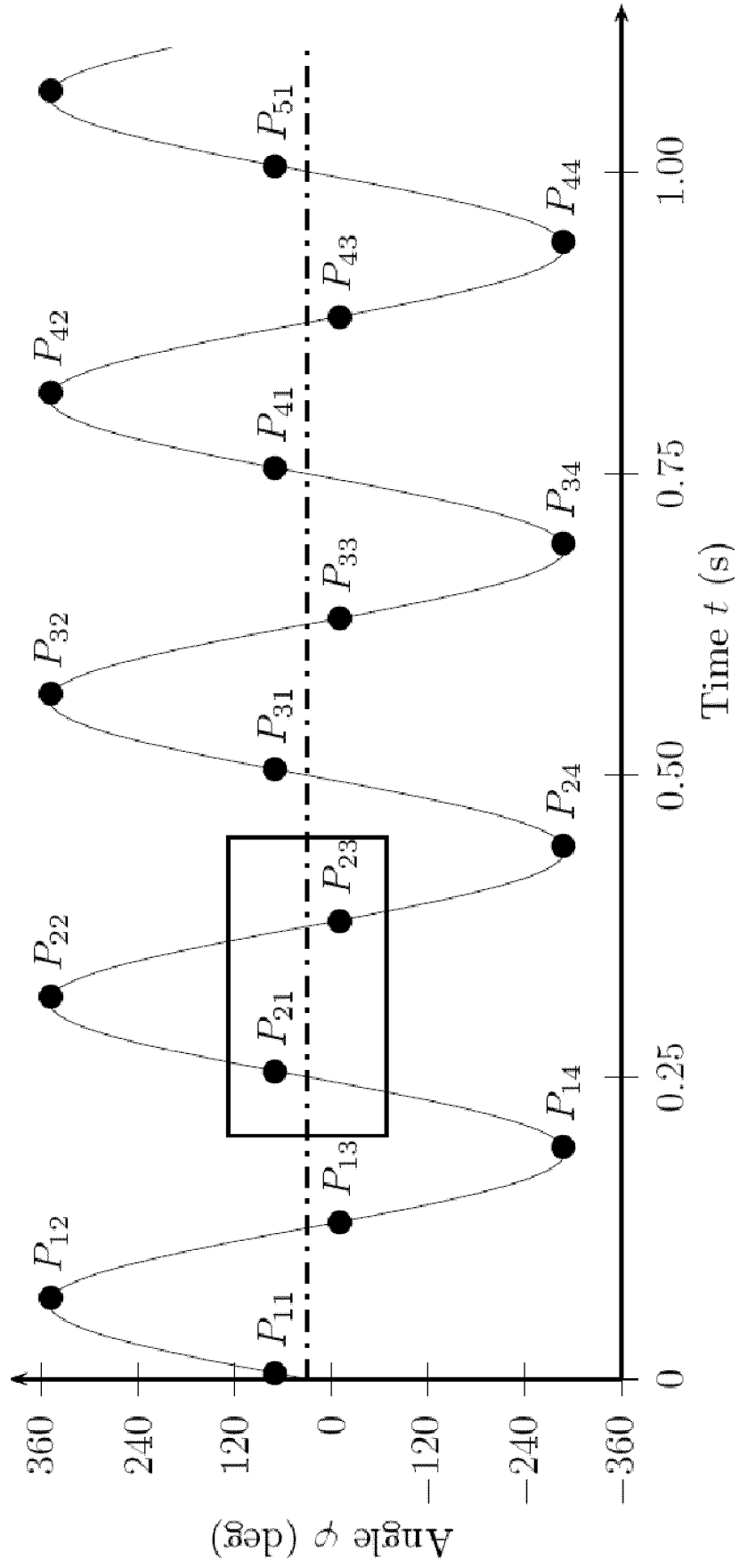


Fig. 6

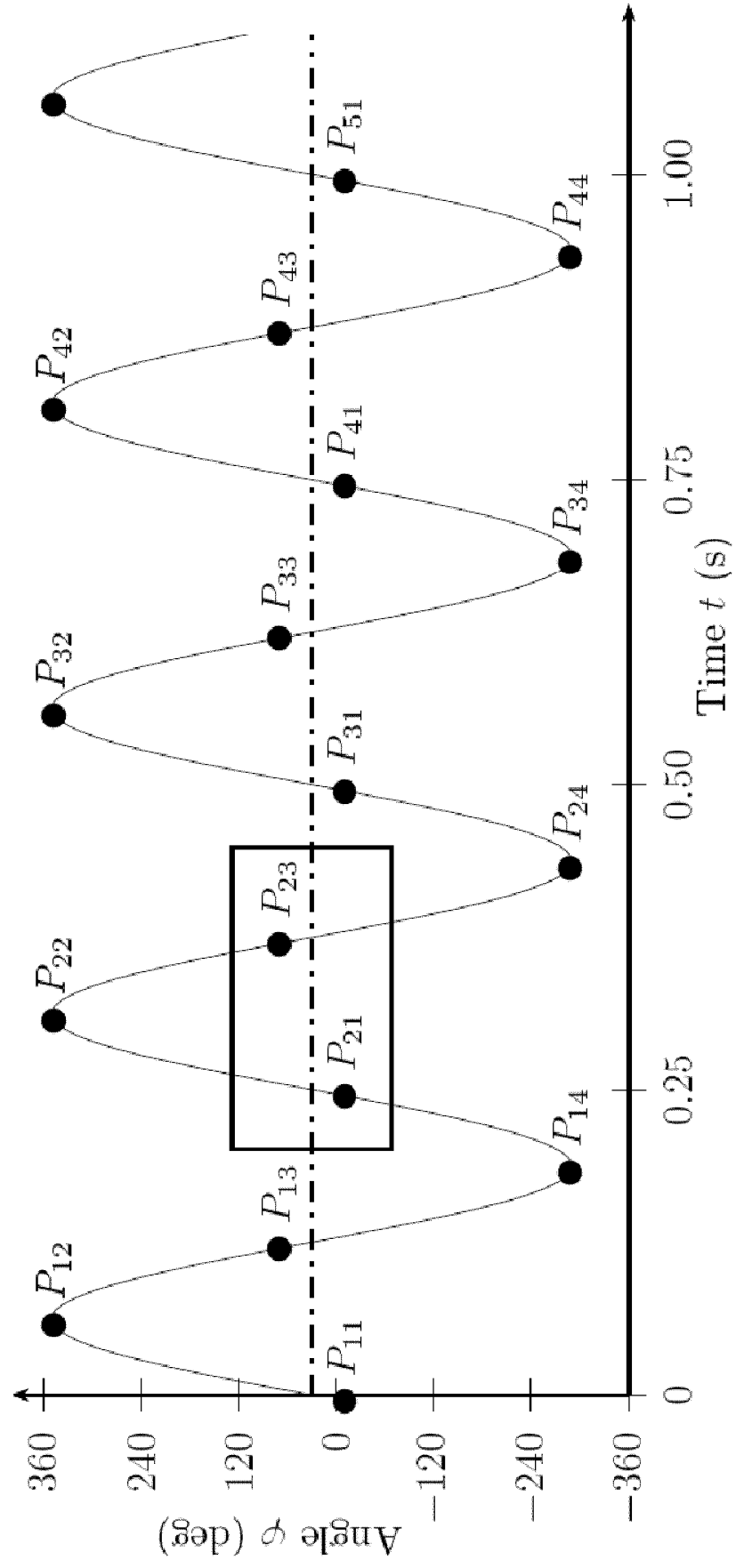


Fig. 7

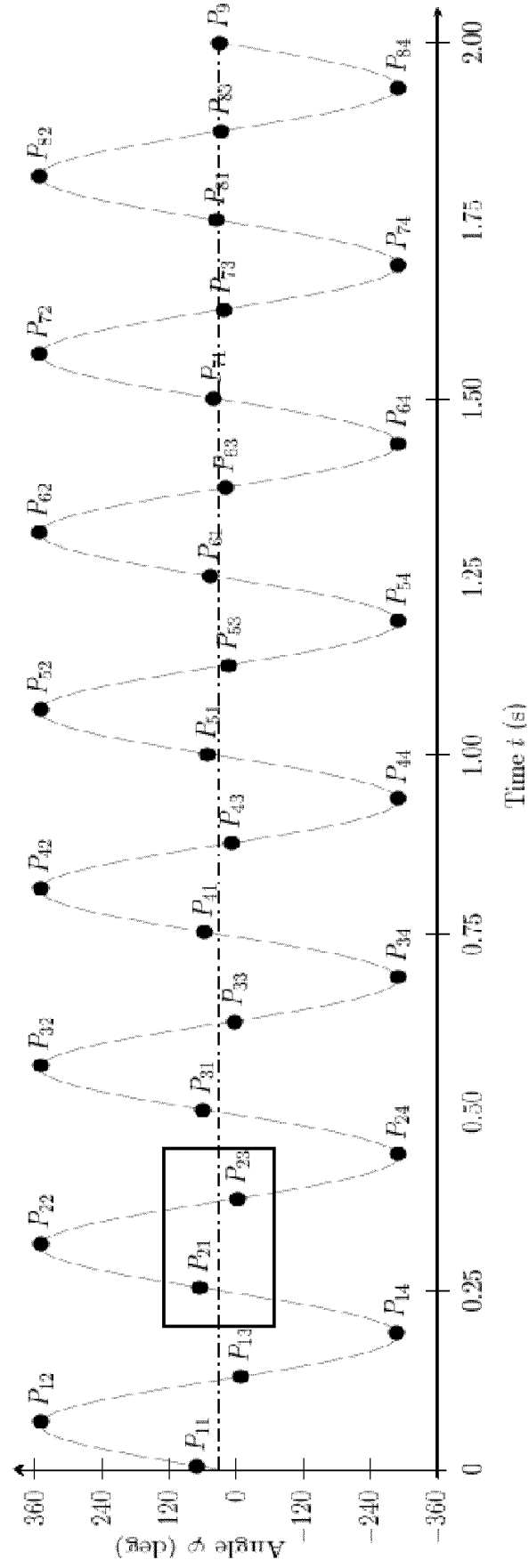
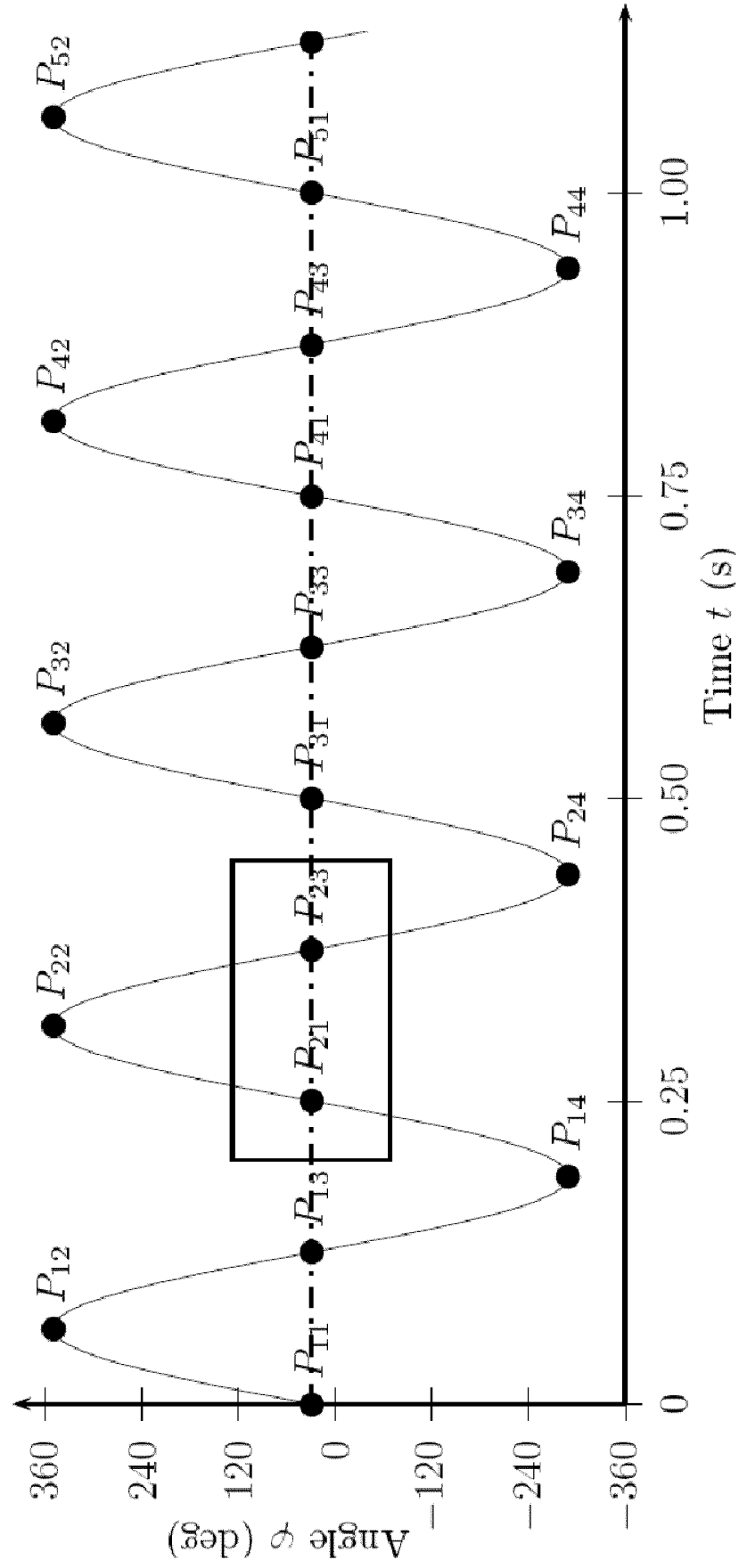


Fig. 8



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

- FR 2780169 [0007]

Littérature non-brevet citée dans la description

- Vidéo Balisomètre, <http://www.qmt.ch/de/videobalisometre.php> [0008]