



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

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

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

(21) Numéro de dépôt: **13195524.7**

(22) Date de dépôt: **03.12.2013**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME

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

(74) Mandataire: **Richard, François-Régis**
e-Patent S.A.
Rue Saint-Honoré, 1
2001 Neuchâtel (CH)

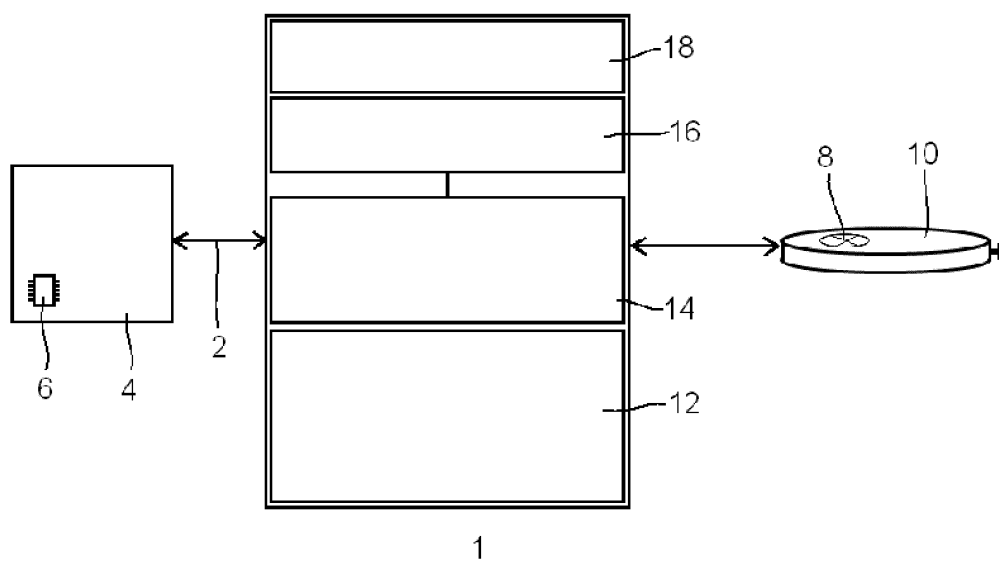
(71) Demandeur: **Witschi Electronic AG**
3294 Büren an der Aare (CH)

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

(57) La présente invention concerne un 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 pour identifier des instants associés sensiblement à une elongation 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) pour effectuer l'acquisition d'images de l'oscillateur mécanique (8) incluant le point de référence, à une fréquence d'acquisition dont la valeur est un multiple de la valeur mesurée, de telle manière qu'au moins une partie des images soient associées à des instants auxquels le point de référence est situé dans des positions correspondant sensiblement aux elongations minimale et/ou maximale de l'oscillateur mécanique (8), et en déduire la valeur de l'amplitude des oscillations de l'oscillateur mécanique (8).

Fig. 1



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 oeuvre 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 oeuvre 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 oeuvre des moyens de mesure optique des oscillations d'un oscillateur mécanique. Ainsi, la demande de brevet FR 2780169 décrit un appareil mettant en oeuvre 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 oeuvre 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>. 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.

Divulcation 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 oeuvre. En outre, un but supplémentaire du procédé selon la présente invention est d'en permettre la mise en oeuvre par un appareil de mesure peu coûteux.

[0012] A cet effet, la présente invention concerne plus particulièrement un procédé de mesure répondant aux caractéristiques mentionnées plus haut, caractérisé par le fait qu'il comporte les étapes consistant à effectuer des mesures pour identifier des instants associés sensiblement à une élongation nulle de l'oscillateur mécanique, et en déduire une valeur mesurée de la fré-

quence des oscillations de l'oscillateur mécanique, sélectionner un point de référence de l'oscillateur mécanique,

commander une caméra pour effectuer l'acquisition d'images de l'oscillateur mécanique incluant le point de référence, à une fréquence d'acquisition dont la valeur est un multiple de la valeur mesurée, de telle manière qu'au moins une partie des images soient associées à des instants auxquels le point de référence est situé dans des positions correspondant sensiblement aux élongations minimale et/ou maximale de l'oscillateur mécanique, et en déduire la valeur de l'amplitude des oscillations de l'oscillateur mécanique.

[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 un premier mode de mise en oeuvre préféré, 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 second mode de mise en oeuvre 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 précédem-

ment, 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, comportant un organe de connexion à une unité de traitement électronique et un dispositif de mesure acoustique ou optique agencé pour permettre l'identification des instants associés sensiblement à une élongation nulle de l'oscillateur mécanique, en relation avec l'unité de traitement électronique, et en déduire une valeur mesurée de la fréquence des oscillations de l'oscillateur mécanique. L'appareil de mesure selon la présente invention comporte en outre une caméra agencée pour effectuer l'acquisition d'images de l'oscillateur mécanique incluant un point de référence, à une fréquence d'acquisition dont la valeur est un multiple de la valeur mesurée, de telle manière qu'au moins une partie des images soient associées à des instants auxquels le point de référence est situé dans des positions correspondant sensiblement aux élongations minimale et/ou maximale de l'oscillateur mécanique, et en déduire la valeur de l'amplitude des oscillations de l'oscillateur mécanique.

[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 oeuvre 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 oeuvre 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 oeuvre du procédé de mesure de la figure 2;
- la figure 4 représente un premier diagramme schématique illustrant des étapes de mise en oeuvre 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 oeuvre du procédé de mesure de la figure 4;
- la figure 6 représente un troisième diagramme schématique illustrant des étapes de mise en oeuvre du procédé de mesure de la figure 4
- la figure 7 représente un quatrième diagramme schématique illustrant des étapes de mise en oeuvre du procédé de mesure de la figure 4, et
- la figure 8 représente un cinquième diagramme schématique illustrant des étapes de mise en oeuvre 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 oeuvre 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 élongation 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 élongation 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 permettre 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 oeuvre 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 préféablement 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 oeuvre 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 oeuvre 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 élongation 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 élongation nulle de l'oscillateur mécanique 8.

[0046] Le principe de ces mesures est illustré sur la figure 3 représentant l'évolution de l'élongation 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 élongation 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 oeuvre 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 élongations 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 élongation nulle de l'oscillateur mé-

canique 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 oeuvre 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 oeuvre 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 oeuvre 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 oeuvre 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 oeuvre 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 oeuvre 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 marquées 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 oeuvre 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 oeuvre 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 oeuvre 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 oeuvre 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 oeuvre, 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 oeuvre 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.

50 Revendications

1. Procédé de mesure de la fréquence et de l'amplitude des oscillations d'un oscillateur mécanique (8) de mouvement horloger (10), **caractérisé en ce qu'il** comporte les étapes consistant à effectuer des mesures 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) 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 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 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 permettant de déterminer la valeur de la fréquence des oscillations sont des mesures optiques ou acoustiques.
3. Procédé selon la revendication 2, **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).
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, **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 elongation nulle de l'oscillateur mécanique (8).
5. 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.
6. Procédé selon la revendication 5, **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).
7. 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.
8. 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 en outre une caméra (14) 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 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 en déduire la valeur de l'amplitude des oscillations de l'oscillateur mécanique (8).
9. Appareil (1) selon la revendication 8, **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).
10. Appareil (1) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** ledit dispositif (12) de mesure comporte une source de rayonnement lumineux agencé 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, ladite unité de traitement électronique (4) étant agencée 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.
11. Appareil (1) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** 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).
12. Ensemble comportant un appareil (1) de mesure selon l'une quelconque des revendications 8 à 11 as-

socié 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).

5

13. Ensemble comportant un appareil (1) de mesure selon la revendication 11 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 élongation 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).
14. Ensemble selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** ladite unité de traitement électronique (4) comporte une boucle de réglage comprenant un régulateur de type P, PI ou PID.

10

15

20

25

30

35

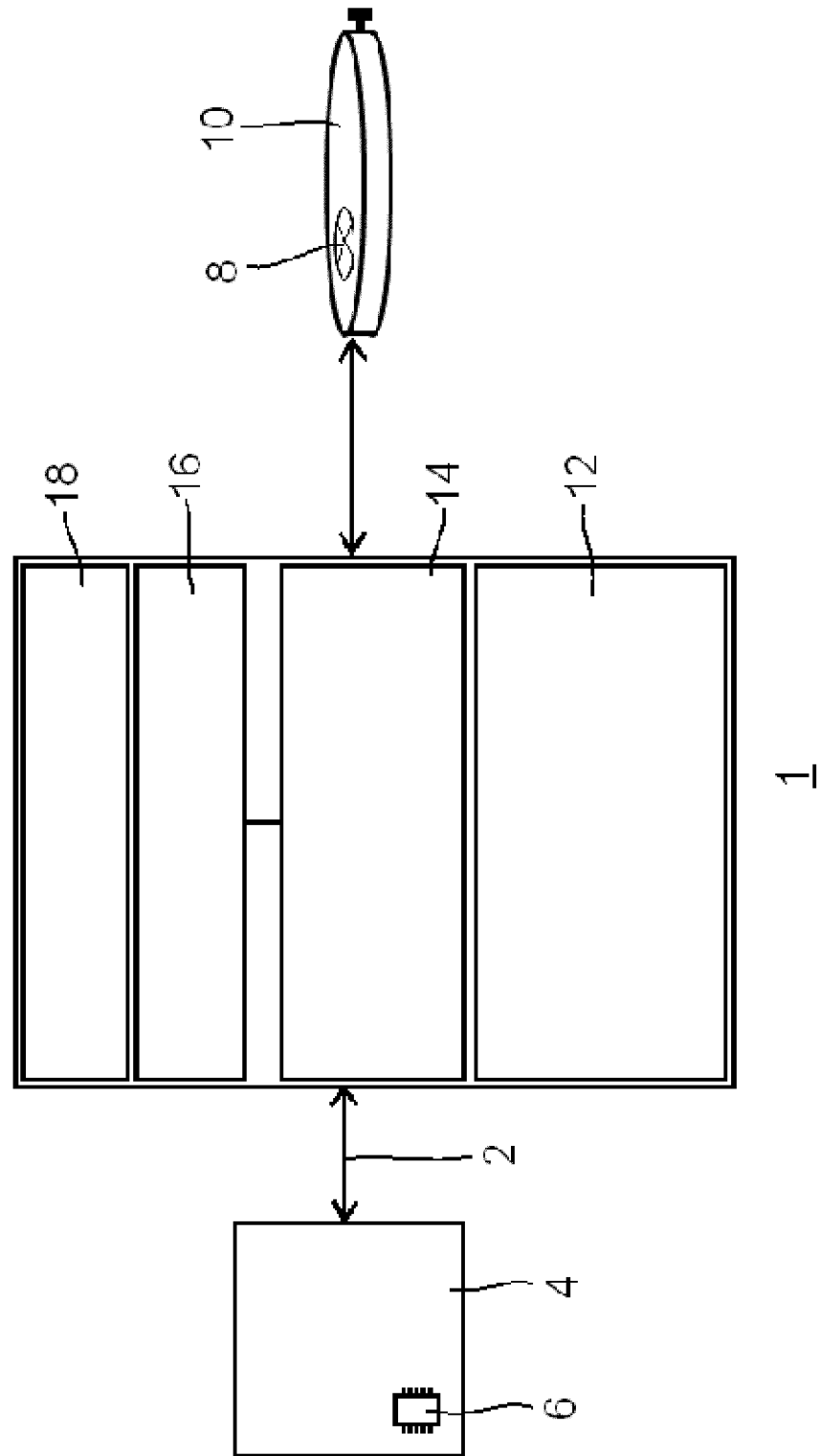
40

45

50

55

Fig. 1



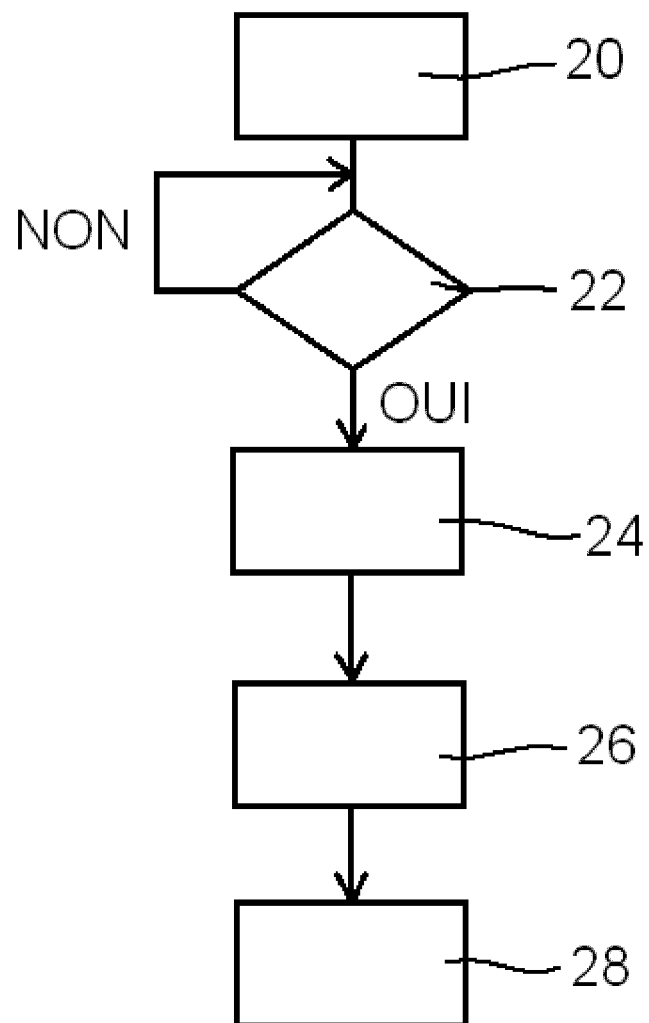
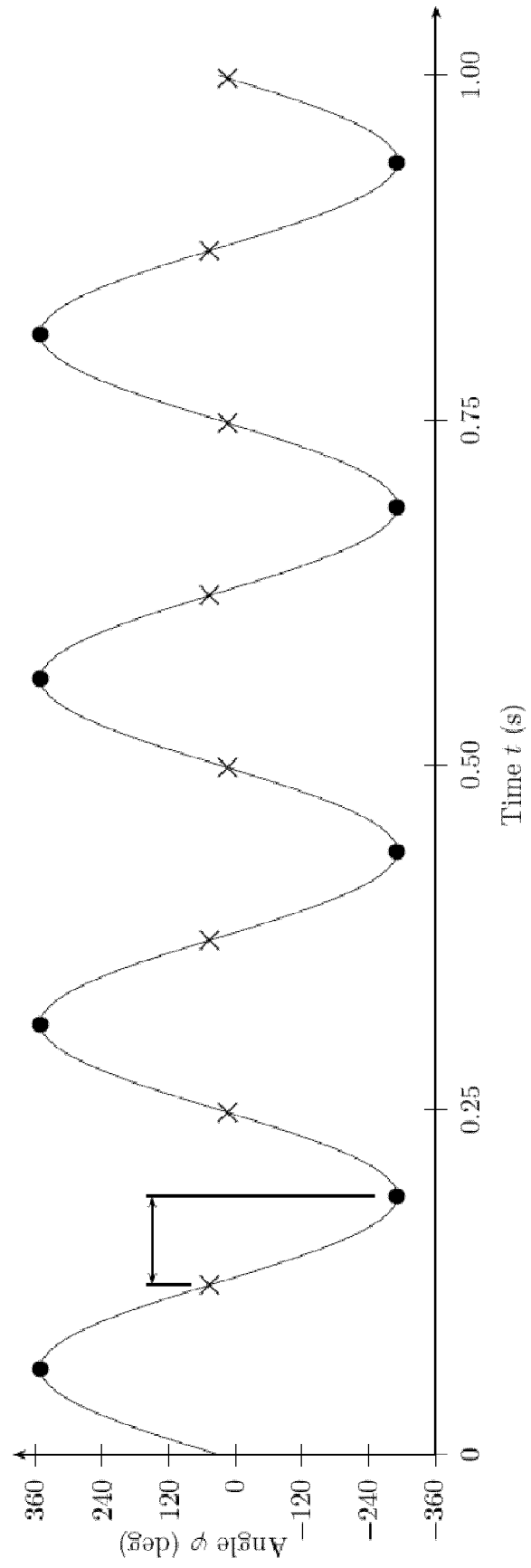


Fig. 2

Fig. 3



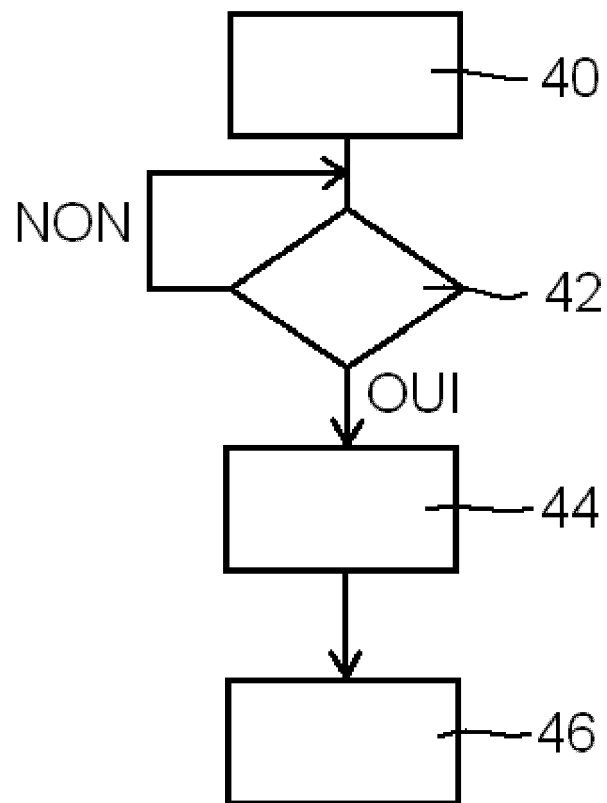


Fig. 4

Fig. 5

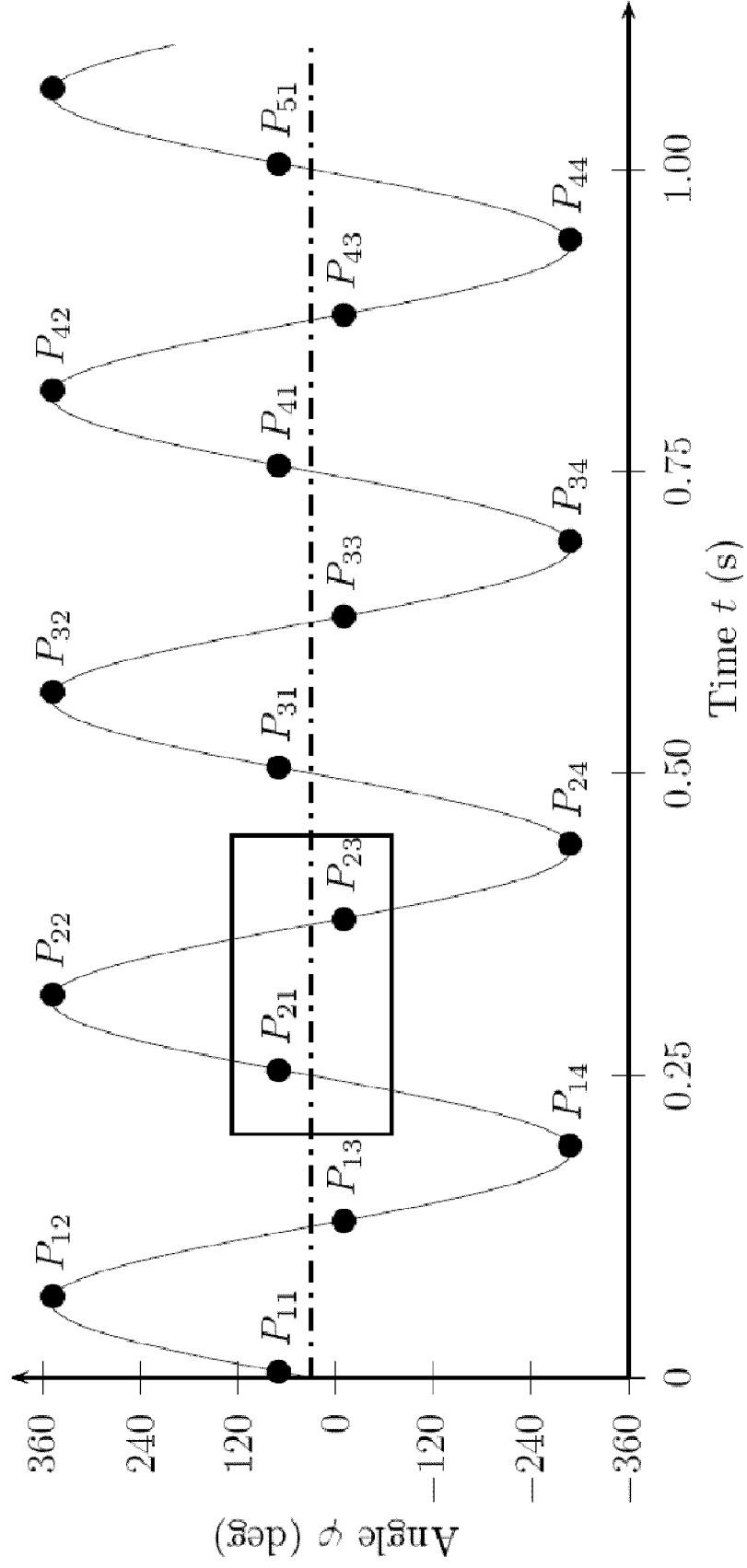


Fig. 6

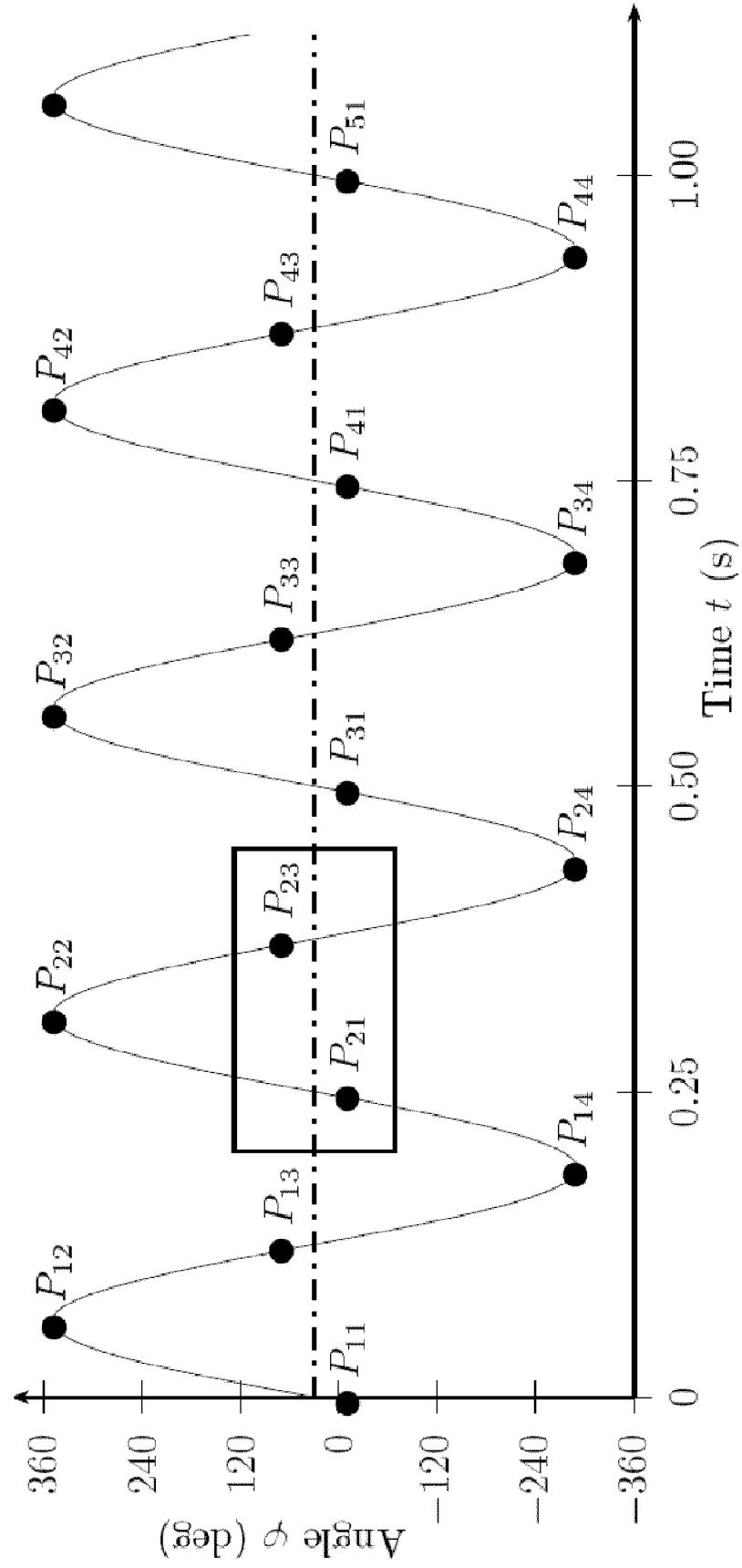


Fig. 7

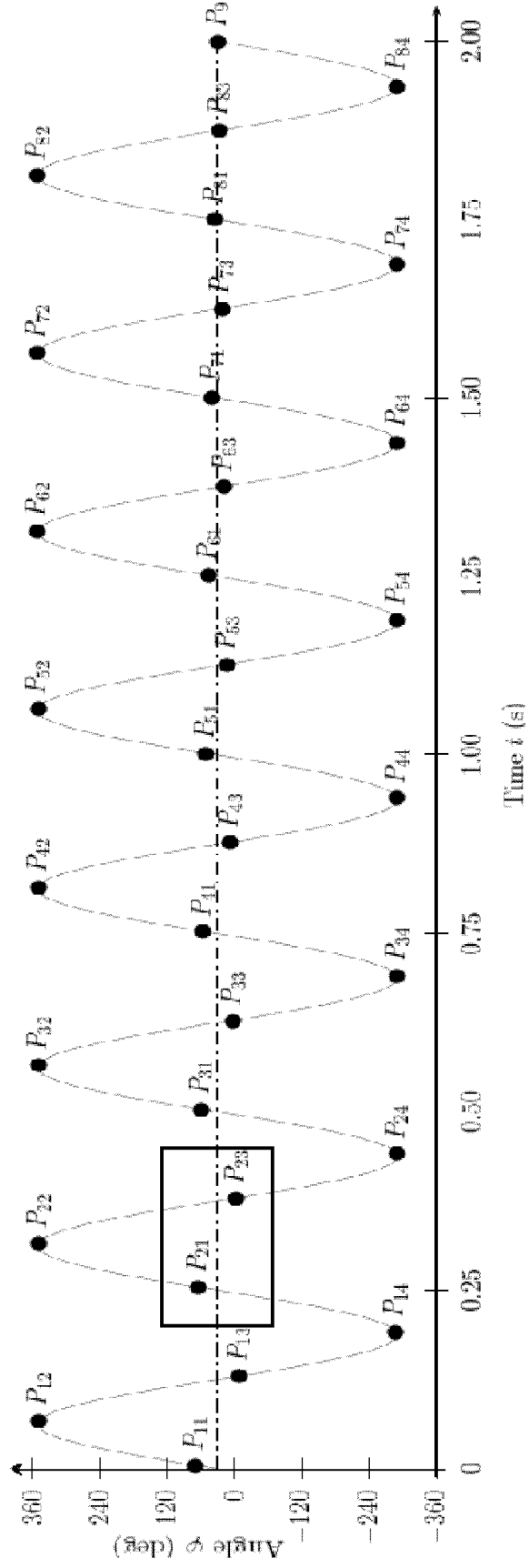
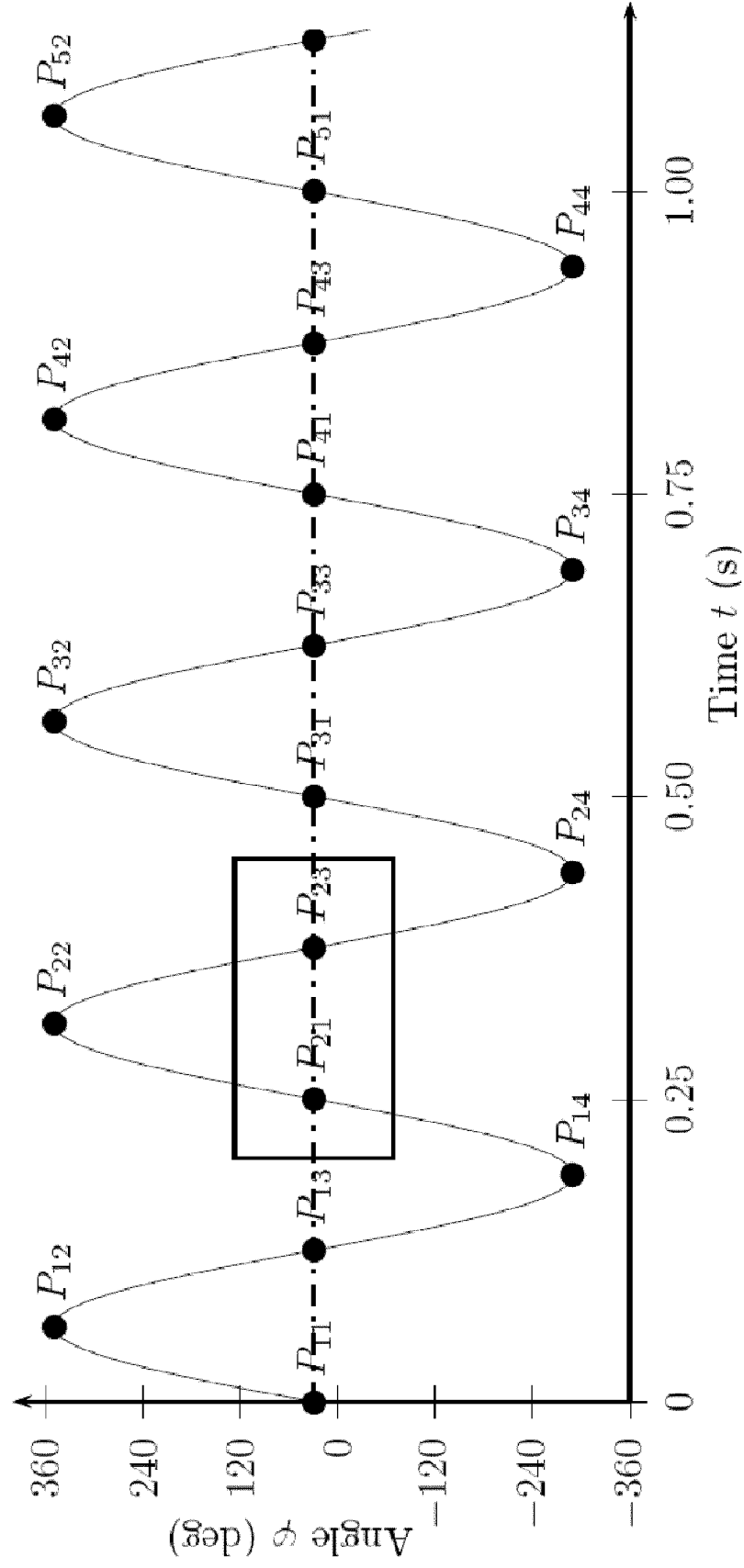


Fig. 8





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 13 19 5524

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	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	1-3,5, 7-14	INV. G04D7/12 G04D7/00 G04D7/08
A	* paragraphe 4.1 *	4,6	
A	FR 1 210 892 A (ETABLISSEMENTS PARRENIN SOC D) 11 mars 1960 (1960-03-11) * page 3, colonne de gauche, ligne 23 à page 3, colonne de droite, ligne 10 * * page 4, colonne de gauche, ligne 26 à page 5, colonne de gauche, ligne 50 * * figures 1-4 *	1-14	
A	FR 2 298 131 A1 (PORTESCAP [CH]) 13 août 1976 (1976-08-13) * page 1, ligne 25 - page 2, ligne 29 * * page 3, ligne 1-18 *	1-14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G04D
A	FR 2 767 205 A1 (FEMTO [CH]) 12 février 1999 (1999-02-12) * page 10, ligne 23 - page 13, ligne 31 * * figures 2,3,5 *	1-14	
A	CH 339 886 A (FAR FAB ASSORTIMENTS REUNIES [CH]) 15 juillet 1959 (1959-07-15) * page 1, ligne 30-31 * * page 1, ligne 52 - page 2, ligne 69 *	1-14	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 17 juillet 2014	Examineur Pirozzi, Giuseppe
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 13 19 5524

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

17-07-2014

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 1210892 A	11-03-1960	AUCUN	
FR 2298131 A1	13-08-1976	CH 40675 A4	29-04-1977
		CH 596600 B5	15-03-1978
		DE 2600931 A1	15-07-1976
		FR 2298131 A1	13-08-1976
		JP S5195878 A	23-08-1976
FR 2767205 A1	12-02-1999	AUCUN	
CH 339886 A	15-07-1959	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2780169 [0007]