

(19)



(11)

EP 4 682 641 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
21.01.2026 Bulletin 2026/04

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04D 7/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **24189842.8**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04D 7/006

(22) Date de dépôt: **19.07.2024**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA
Etats de validation désignés:
GE KH MA MD TN

(71) Demandeur: **Richemont International S.A.**
1752 Villars-sur-Glâne (CH)

(72) Inventeur: **GEORGES, Frédéric**
25500 Morteau (FR)

(74) Mandataire: **Novagraaf International SA**
Chemin de l'Echo 3
1213 Onex, Geneva (CH)

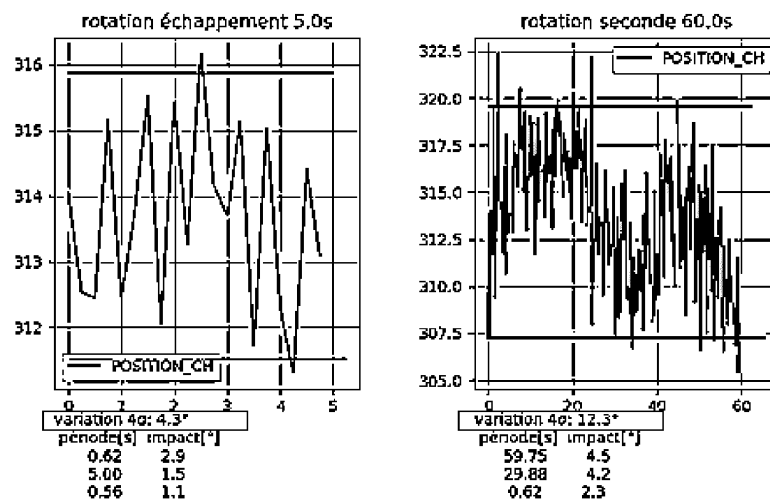
(54) **DÉTECTION DE DÉFAUT DE ROUAGE PAR ANALYSE SYNCHRONES DE MARCHES ET/OU D'AMPLITUDE**

(57) Procédé de diagnostic acoustique pour détecter une roue non conforme comprenant les étapes suivantes :

- fournir un mouvement d'horlogerie comprenant un oscillateur, une roue d'échappement et une pluralité de roues,
- mesurer une amplitude et/ou une marche de l'oscillateur,
- détecter une pluralité de sons, chaque son correspondant au passage de chaque dent de la roue d'échappement ou de chaque dent de roue,

- associer les sons de la pluralité de sons à une rotation de la roue d'échappement ou d'une roue, sur la base du nombre de dents prédéterminé,
- détecter, sur la base des sons associés et/ou sur la base de la mesure d'amplitude et/ou de la marche, une variabilité de l'amplitude de l'oscillateur, de la marche, et/ou d'une durée de rotation de la roue d'échappement ou d'une des roues,
- en déduire quelle roue parmi la roue d'échappement et/ou une des roues, est non conforme.

Fig. 10



Description

[0001] La présente invention concerne de manière générale le domaine de l'horlogerie, plus particulièrement le domaine du contrôle qualité des composants horlogers, notamment assemblés dans un mécanisme d'horlogerie.

[0002] Les méthodes et dispositifs de contrôle qualité sont connus dans l'art antérieur.

[0003] Il existe des procédés permettant de faire une analyse des perturbations, ces procédés reposant sur l'analyse visuelle ou une analyse FFT (« Fast Fourier Transform » en anglais, ou transformation de Fourier rapide en français), mais fournissent une vision imprécise des défauts dans la transmission.

[0004] Il est ainsi désirable d'améliorer leurs efficacités et leurs capacités, afin de mieux identifier quel composant présente un défaut, et par exemple de notifier l'utilisateur sur le composant présentant le défaut et/ou sur la correction à apporter.

[0005] La présente invention a ainsi pour but de proposer une nouvelle méthode de contrôle qualité dans le domaine de l'horlogerie, afin de surmonter les inconvénients de l'art antérieur.

[0006] L'objectif de l'analyse de la présente invention est, entre autres, de déterminer l'impact d'un des éléments du rouage (de préférence chaque élément) dans la perturbation du couple transmis à l'échappement, que l'on souhaite le plus stable possible pour optimiser le fonctionnement et la chronométrie du mouvement de montre et de la montre.

[0007] La présente invention permet une analyse approfondie des défauts du rouage de finissage par la mesure des perturbations sur l'amplitude afin de détecter différents défauts qualité, comme par exemple :

- défaut de malrond ou de concentricité,
- défaut de taillage des dentures,
- défaut d'ovalisation,
- défaut de localisation et d'entraxe,
- existence de point(s) dur(s) dans la transmission menant éventuellement à un blocage (qui peut aussi être vu comme une somme des défauts).

[0008] Tous ces défauts, seuls ou cumulés sur l'ensemble du train de rouage, génèrent des perturbations sur le couple transmis et empêchent un fonctionnement optimal et causent ainsi du retravail pour analyser et décotter les pièces.

[0009] Ainsi, dans un premier aspect, l'invention concerne un procédé de diagnostic acoustique pour détecter une roue non conforme d'un mouvement d'horlogerie, comprenant les étapes suivantes :

- fournir le mouvement d'horlogerie comprenant un oscillateur, une roue d'échappement et une pluralité de roues, un nombre de dents par roue étant prédéterminé,
- mesurer une grandeur caractéristique l'oscillateur en fonctionnement, telle qu'une amplitude et/ou une marche, un repère, un angle de levée réel,
- détecter une pluralité de sons, chaque son de la pluralité de sons correspondant au passage de chaque dent de la roue d'échappement (et/ou de chaque dent de roue de la pluralité de roues),
- associer les sons de la pluralité de sons à une rotation, au moins partielle, de la roue d'échappement ou d'au moins une des roues de la pluralité de roues, sur la base du nombre de dents prédéterminé, et de préférence empiler les sons pour obtenir un signal synchrone et moyenné relatif à chaque évènement,
- détecter, sur la base des sons associés et/ou sur la base de la mesure de la grandeur caractéristique, et sur une période prédéterminée, une variabilité (ou une variation) de la grandeur caractéristique, et/ou d'une durée de rotation de la roue d'échappement ou d'au moins une des roues de la pluralité de roues,
- en déduire quelle roue parmi la roue d'échappement et/ou au moins l'une des roues de la pluralité de roues, est non conforme, ou déduire que le mouvement d'horlogerie est conforme (i.e. aucune roue non-conforme).

[0010] Ceci permet d'améliorer le contrôle qualité comme indiqué ci-avant et de déterminer quelle roue parmi les roues du mécanisme d'horlogerie (ou du mouvement horloger) est non conforme ou présente un défaut, ceci afin de pouvoir proposer une correction.

[0011] En outre, l'analyse du rouage proposée dans la présente invention repose, dans un mode de réalisation, sur la combinaison de la FFT (ou d'un autre traitement mathématique) et du signal d'amplitude resynchronisé sur la période considérée (i.e. un évènement) et moyenné sur l'ensemble des évènements mesurés, ainsi que sur la détection du dernier évènement avant un arrêt.

[0012] Les KPI (pour « Key Performance Indicator » en anglais, ou indicateur clef de performance en français) de

l'analyse sont établis pour chaque période caractéristiques du rouage (rotation des mobiles et passage des dents) et sont, par exemple:

- valeur de la variation d'amplitude (enveloppe d'amplitude) pour la période considérée (par exemple 4σ ou toute autre valeur de σ , ou toute autre valeur),
- les principales périodes présentant le plus d'impact sur l'amplitude obtenu par FFT, la somme des impacts devant correspondre approximativement à la valeur de l'enveloppe.

[0013] En horlogerie, la marche d'une montre caractérise son fonctionnement, évalué en fonction de sa régularité. On entend par marche instantanée la marche à l'instant de l'observation de la montre. La mesure de la marche instantanée se fait avec un chrono comparateur, appareil capable de mesurer précisément la fréquence de l'oscillateur de la montre. On entend par marche mensuelle l'expression de la différence entre deux états séparés par un intervalle de temps d'un mois (par exemple une variation de marche de ± 20 secondes par mois). On entend par marche probable la valeur de la marche que l'instrument de mesure du temps aurait probablement s'il était placé ou utilisé dans des conditions définies et apparentées à celle de l'usage prévu. Elle peut se référer par exemple à une durée :

- de 24 h (marche diurne probable),
- de un mois (marche mensuelle probable),
- de un an (marche annuelle probable).

[0014] En d'autres termes, on entend par marche un écart isochronique. La variabilité de la marche se réfère à un écart de marche en horlogerie.

[0015] On entend par passage de dent un contact de cette dent avec sa contrepartie, qui peut être une dent correspondante sur une autre roue, une palette de l'échappement, ou tout autre mécanisme usuel en horlogerie destiné, ou apte à, coopérer avec des dents, par exemple un doigt, une croix de malte, sans être limité à ces exemples.

[0016] L'invention peut aussi être définie selon les caractéristiques suivantes, prises individuellement ou en combinaison.

[0017] De préférence, la grandeur caractéristique de l'oscillateur en fonctionnement est une amplitude et/ou une marche de l'oscillateur en fonctionnement.

[0018] Avantageusement, le procédé comprend l'étape suivante :

- associer, ou corrélér, des sons de la pluralité de sons à une roue parmi la pluralité de roue ou la roue d'échappement, en fonction du nombre de dents prédéterminé de ladite roue.

[0019] Ceci permet d'identifier quelle roue pose problème en associant ou corrélant les sons. Ce peut être par exemple en détectant un motif répétitif dans les sons et d'associer tel motif (sonore) avec telle roue. En détectant un écart dans le motif par rapport au motif attendu, il est ainsi possible de déterminer la roue non conforme.

[0020] Avantageusement, le procédé comprend l'étape suivante :

- détecter un caractère reproductible de sons de la pluralité de sons, de préférence en fonction d'une période (ou d'une fréquence, la fréquence étant l'inverse de la période) de rotation des roues, et/ou d'une fréquence de sons repérés, et/ou d'une fréquence de défauts.

[0021] Ceci permet de déterminer les motifs sonores (ou caractères reproductibles des sons) et de les traiter afin de conclure à un défaut en cas de biais ou d'écart par rapport au motif attendu.

[0022] Avantageusement, le procédé comprend l'étape suivante :

- décompter le nombre de dents par roue en fonction de la pluralité de sons détectés.

[0023] Ceci permet d'associer un nombre de sons pour telle dent. Par exemple, telle dent devrait tourner à telle vitesse : il en résulte que cette dent pourra être associée à un bruit d'une intensité donnée frappant à la fréquence correspondant à la vitesse de rotation. En effet, à chaque engagement de dent, la roue va tourner d'un angle correspondant à son nombre de dents et va faire un bruit. Ce bruit sera répété en fonction du nombre de dents. Ceci s'applique de préférence pour la roue d'échappement. De manière encore plus privilégiée, ceci s'applique aux sons émis par le contact entre la roue d'échappement et les levées de l'ancre.

[0024] Avantageusement, le procédé comprend l'étape suivante :

- indexer des dents de la roue d'échappement ou de la pluralité de roues en fonction de la pluralité de sons détectés.

[0025] Ceci permet de numérotter chaque dent de la roue afin de connaître quelle dent est en prise ou engrainée dans le rouage.

5 **[0026]** Avantageusement, le procédé comprend l'étape suivante :

- identifier des écarts, des motifs ou des anomalies par rapport à des seuils prédéterminés, dans la grandeur caractéristique, (ou dans l'amplitude de l'oscillateur, de la marche), et/ou d'une durée de rotation de la roue d'échappement ou d'au moins une des roues de la pluralité de roues, de sorte à détecter quelle roue parmi la roue d'échappement et/ou au moins l'une des roues de la pluralité de roues, est non conforme.

10 **[0027]** Avantageusement, le procédé comprend l'étape suivante :

- représenter, sur un graphique, la grandeur caractéristique, l'amplitude de l'oscillateur, de la marche, et/ou d'une durée de rotation de la roue d'échappement ou d'au moins une des roues de la pluralité de roues, de sorte à détecter quelle roue parmi la roue d'échappement et/ou au moins l'une des roues de la pluralité de roues, est non conforme.

15 **[0028]** Avantageusement, le procédé comprend l'étape suivante :

- proposer une correction après avoir déduit quelle roue parmi la roue d'échappement et/ou au moins l'une des roues de la pluralité de roues, est non conforme.

20 **[0029]** Avantageusement, la correction peut être choisie parmi le remplacement de la roue d'échappement, de la totalité ou d'une partie de la pluralité de roues, retoucher une ou plusieurs dents de roue, et/ou corriger un arbre de roue, et/ou retoucher l'ébat d'une ou plusieurs roues.

25 **[0030]** Avantageusement, le procédé comprend l'étape suivante :

- déduire que la roue non conforme présente un défaut parmi un défaut de malrond ou de concentricité, un défaut de taillage des dentures, un défaut d'ovalisation, un défaut de localisation, un défaut d'entraxe, un défaut d'usure normale ou un défaut d'usure prématurée.

30 **[0031]** Ceci permet d'identifier une pluralité de défaut dans le mécanisme d'horlogerie et d'avoir une connaissance précise de quel élément pose difficulté.

35 **[0032]** Avantageusement, le procédé comprend l'étape suivante :

- procéder à au moins une transformée de Fourier sur la pluralité de sons.

[0033] Avantageusement, le procédé comprend l'étape suivante :

- empiler les motifs (de sons) par analyse synchrone pour en déduire un motif représentatif, tel que motif moyen ou motif médian.

40 **[0034]** Avantageusement, le procédé comprend l'étape suivante :

- réaliser une analyse statistique sur les données (i.e. mesure de grandeur caractéristique, sons), de sorte à définir une moyenne, un écart type, et/ou des points extrêmes de la distribution statistique.

45 **[0035]** Ceci permet d'appliquer un traitement mathématique, informatique et/ou automatique aux sons détectés afin de mieux identifier le défaut.

50 **[0036]** Avantageusement, le procédé comprend l'étape suivante :

- identifier une fréquence propre correspondant à un défaut, tel qu'une fréquence propre correspondante à une durée de révolution pour un défaut de malrond, une fréquence propre correspondante à une moitié de durée de révolution pour un défaut d'ovalisation, ou une fréquence propre correspondant à un point dur comprenant une série d'harmoniques.

55 **[0037]** Avantageusement, le procédé comprend l'étape suivante :

- établir une valeur moyenne de la grandeur caractéristique (par exemple de l'amplitude de l'oscillateur, de la marche), et/ou une durée de rotation de la roue d'échappement ou d'au moins une des roues de la pluralité de roues, et
- détecter, en comparant à la valeur moyenne correspondante, la variabilité de la grandeur caractéristique, et/ou de la durée de rotation de la roue d'échappement ou d'au moins une des roues de la pluralité de roues.

[0038] En d'autres termes, l'invention concerne une méthode d'analyse consistant à établir le signal de grandeur caractéristique (ou d'amplitude) associé à la rotation de chaque composant, pour en identifier les différents défauts et proposer une correction adéquate. Il s'agit d'identifier le temps de chaque événement et décompter un motif de répétition (par exemple : multiple d'un nombre entier de dents d'échappement relatif à un événement). Il convient de construire l'événement moyen et d'analyser la forme de la courbe moyenne pour en déduire la présence des différents défauts possibles. Il est ainsi possible de confirmer un éventuel point dur par l'identification du point d'arrêt (mobile et dent du point dur et/ou d'arrêt).

[0039] Il est possible de produire l'analyse mobile par mobile.

[0040] En premier lieu, il convient de réaliser une analyse synchrone de la marche et/ou de l'amplitude sur une partie ou la totalité de la durée d'une réserve de marche pour chaque élément constitutif du rouage et identifier un défaut et proposer une correction. Il est possible de se limiter à une période suffisamment longue pour avoir assez de répétitions sans forcément faire toute la réserve de marche, notamment pour un calibre avec une longue réserve de marche (par exemple cinq jours). Ainsi, il n'est pas nécessaire d'imposer la totalité de la réserve de marche, mais il y a besoin d'un à plusieurs tours (de préférence quelques tours, comme par exemple deux, trois, quatre, cinq tours ou plus de dix tours) pour les mobiles considérés. Dès lors, pour un mobile du rouage, la période suffisamment longue correspond préférentiellement à trois tours complets de mobile et très préférentiellement à l'équivalent d'un tour complet de barillet. D'autre part, il est intéressant de noter que l'analyse dépend de là où on se place sur la réserve de marche : en effet les points durs se révèlent généralement à plus faible niveau d'armage, donc pour les détecter, il est pertinent de faire une analyse sur un tour complet de barillet à faible niveau d'armage et de comparer à l'analyse à haut niveau d'armage. En outre, un exemple d'analyse synchrone est d'empiler (c'est à dire de découper par modulo de temps) chaque motif d'un événement pour en déterminer un motif, comme un motif moyen, un motif médian, un motif minimum, un motif maximum, etc.

[0041] En second lieu, il convient d'utiliser un outil donnant une sensibilité à l'oscillation.

[0042] Ainsi, l'invention concerne un procédé de détection d'un défaut d'un rouage d'un mouvement d'horlogerie d'une fréquence d'oscillation de l'oscillateur connue et comprenant une roue d'échappement, le nombre de dents des rouages du mouvement étant connu, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- mettre en fonctionnement le mouvement d'horlogerie,
- mesurer l'amplitude et/ou la marche de l'oscillateur,
- identifier le temps de chaque rotation d'un rouage et décompter un nombre entier de dents d'échappement relatif à une rotation d'un rouage (par exemple un tour de mobile de seconde se fait une révolution en 60 secondes correspond à 240 dents d'échappement, ou un engrènement moyenne / seconde se fait en 4 secondes soit 16 dents d'échappement),
- indexer chaque passage de dent d'échappement par rapport à la durée de l'événement (par exemple dent n° 1 / 16 dans l'événement),
- calculer la variation des grandeurs mesurées par analyse synchrone,
- en déduire un défaut sur un rouage.

[0043] L'invention concerne, dans un deuxième aspect, un dispositif agencé pour mettre en oeuvre le procédé du premier aspect.

[0044] Avantageusement, le dispositif comprend un capteur acoustique.

[0045] Avantageusement, le dispositif comprend un capteur optique.

[0046] Avantageusement, le dispositif comprend une unité de calcul ou un processeur.

[0047] Avantageusement, le dispositif comprend une unité d'association agencée pour associer les sons avec les composants du mouvement, par exemple telle roue ou telle autre roue.

[0048] L'invention concerne, dans un troisième aspect, un procédé de contrôle d'un mouvement horloger comprenant les étapes de :

- placer un mouvement horloger dans un dispositif d'analyse acoustique, tel que le dispositif selon le deuxième aspect, apte à mesurer une grandeur caractéristique de l'oscillateur en fonctionnement, telle qu'une amplitude, une marche, un repère, et/ou un angle de levée réel,
- identifier une conformité ou un non-conformité, de préférence automatiquement, d'une roue du mouvement horloger grâce à, ou par, le procédé de diagnostic selon le premier aspect.

[0049] L'invention concerne, dans un quatrième aspect, un procédé de réglage ou d'entretien d'un mouvement horloger comprenant les étapes suivantes :

- réaliser le procédé de diagnostic selon le premier aspect,
- émettre une consigne de réglage à un utilisateur.

[0050] Avantageusement, la consigne de réglage est affichée sur un dispositif connecté, tel qu'une loupe connectée.

[0051] Avantageusement, la consigne de réglage à un utilisateur correspond à un changement de roue, un changement de positionnement d'au moins un rubis, à un changement de pont, à un changement de platine et/ou retoucher l'ébat d'une ou plusieurs roues.

[0052] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée qui suit, de modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemple nullement limitatif et illustrés par les dessins annexés, dans lesquels :

la figure 1 représente une mesure de réserve de marche et d'amplitude pour un mouvement d'horlogerie, avec l'amplitude en fonction du temps de marche, dans le procédé selon la présente invention,

la figure 2 représente l'amplitude en fonction du temps sur une période de temps limitée de la mesure de la figure 1,

la figure 3 représente l'amplitude et ses transformées de Fourier en fréquence et en période,

la figure 4 représente les fréquences caractéristiques et périodes caractéristiques après transformées de Fourier,

la figure 5 représente des variations de l'amplitude sur des périodes correspondant à des roues du mécanisme d'horlogerie,

la figure 6 représente l'amplitude moyenne sur un tour de roue d'une première roue parmi les roues du mécanisme d'horlogerie,

la figure 7 représente l'amplitude moyenne sur un tour de roue d'un autre exemple de la première roue parmi les roues du mécanisme d'horlogerie mais sur un autre mouvement,

la figure 8 représente l'amplitude moyenne sur un tour de roue d'encore un autre exemple de la première roue parmi les roues du mécanisme d'horlogerie sur encore un autre mouvement,

la figure 9 représente l'amplitude sur une mesure en ticket donnée, un ticket étant une mesure effectuée dans les positions horlogères de référence avec des durées d'intégration et de stabilisation,

la figure 10 représente des variations de l'amplitude sur des périodes correspondant à des roues du mécanisme d'horlogerie,

la figure 11 représente l'amplitude sur une autre mesure en ticket donnée,

la figure 12 représente des variations de l'amplitude sur des périodes correspondant à des roues du mécanisme d'horlogerie.

[0053] La figure 1 représente une mesure de réserve de marche et d'amplitude pour un mouvement d'horlogerie, avec l'amplitude en fonction du temps de marche, dans le procédé selon la présente invention, utilisé comme point de départ. La résolution nécessaire à l'invention est préférentiellement une résolution à l'oscillation.

[0054] Le procédé de diagnostic acoustique pour détecter une roue non conforme d'un mouvement d'horlogerie de la présente invention comprend les étapes suivantes :

- fournir le mouvement d'horlogerie comprenant un oscillateur, une roue d'échappement et une pluralité de roues, un nombre de dents par roue étant prédéterminé,
 - mesurer une amplitude et/ou une marche de l'oscillateur en fonctionnement,
 - détecter une pluralité de sons, chaque son de la pluralité de sons correspondant au passage de chaque dent de la roue d'échappement ou de chaque dent de roue de la pluralité de roues,
 - associer les sons de la pluralité de sons à une rotation, au moins partielle, de la roue d'échappement ou d'au moins une des roues de la pluralité de roues, sur la base du nombre de dents prédéterminé,
 - détecter, sur la base des sons associés et/ou sur la base de la mesure d'amplitude et/ou de la marche, et sur une période prédéterminée (comme par exemple la durée de rotation des roues, cette durée pouvant être éventuellement légèrement variable), une variabilité de l'amplitude de l'oscillateur, de la marche, et/ou d'une durée de rotation de la roue d'échappement ou d'au moins une des roues de la pluralité de roues,
 - en déduire quelle roue parmi la roue d'échappement et/ou au moins l'une des roues de la pluralité de roues, est non conforme.
- [0055]** En d'autres termes, dans le cadre la présente invention, il est possible de capter l'information relative à chaque dent de planche d'échappement (marche, amplitude, sons, durée de rotation, etc).
- [0056]** A cette fin, il convient d'identifier le temps de chaque événement et décompter un nombre entier de dents d'échappement relatif à un événement (par exemple, un tour de mobile de seconde se fait une révolution en 60 secondes correspond à 240 dents d'échappement, ou un engrènement moyenne / seconde se fait en 4 secondes soit 16 dents d'échappement)
- [0057]** Il convient d'indexer alors chaque passage de dent d'échappement par rapport à la durée de l'événement (dent n° 1 / 16 dans l'événement),
- [0058]** Il convient ensuite d'identifier le motif de répétition de l'événement (par exemple : événement de 60 secondes chaque 60 secondes pour un tour de mobile de seconde ou événement de 4 secondes chaque 60 secondes pour une dent de ce mobile).
- [0059]** Il convient d'identifier la séquence de répétition de l'événement (révolution n° 52 / 156 par exemple)
- [0060]** Il convient de calculer l'événement moyen ou médian ou statistiquement représentatif.
- [0061]** Il convient de tracer et/ou calculer la variation des grandeurs mesurées sur l'évènement moyen. Ce traitement peut être visuel ou automatiquement réalisé par un processeur. Par exemple, il est possible d'identifier le numéro de dent qui génère un minimum d'amplitude, qui peut correspondre à la présence d'un point dur, que l'on viendra ensuite comparer au dernier numéro de dent observé en cas d'arrêt (comme indiqué ci-après)
- [0062]** Il convient de réaliser ensuite une FFT (ou un autre traitement mathématique) circonscrit à l'évènement, pour :
- identifier une fréquence propre correspondante à la durée de révolution (défaut de malrond), et/ou
 - identifier une fréquence propre correspondante à la moitié de la durée de la révolution (défaut d'ovalisation), et/ou
 - identifier une fréquence propre correspondant à un point dur comprenant une série d'harmoniques,
 - identifier l'émergence de fréquence propre par rapport aux autres en fin de réserve de marche, également symptomatique de points durs.
- [0063]** En cas d'arrêt, il est possible d'identifier le dernier événement survenu.
- [0064]** Ainsi, en référence à la figure 1, il est possible de représenter la mesure de réserve de marche pour le mouvement d'horlogerie, avec l'amplitude en fonction du temps de marche.
- [0065]** La réserve de marche est ici par exemple d'une durée d'environ 42 heures. On observe que l'amplitude baisse globalement en fonction de l'écoulement du temps de la réserve de marche. On peut identifier en outre, en fin de réserve de marche, une zone avec une amplitude perturbée 7.
- [0066]** Toutefois, en zoomant sur une période de 300 secondes, il est possible d'obtenir des informations additionnelles, comme expliqué ci-après.
- [0067]** La figure 2 représente l'amplitude en fonction du temps, dans le cadre d'un zoom d'environ 300 secondes.
- [0068]** Le zoom sur la période de 300 secondes correspond à une rotation de petite moyenne, comprenant également plusieurs motifs répétitifs :
- le passage de la dent de barillet / GM (pour « Grande Moyenne » ou roue de centre) chaque 150 secondes,

EP 4 682 641 A1

- la rotation du mobile intermédiaire chaque 40 secondes,
- le passage de la dent GM / PM (pour « Petite Moyenne » ou mobile de moyenne) chaque 30 secondes,
- 5 - la rotation de l'échappement chaque 5 secondes,
- le passage de la dent PM / INTER (pour mobile intermédiaire) chaque 4 secondes.

[0069] La figure 3 représente l'amplitude et ses transformées de Fourier en fréquence et en période.

[0070] La FFT est réalisée de préférence uniquement sur les 120 000 premiers échantillons correspondant à des valeurs d'amplitudes supérieures à 200° de sorte à ne pas intégrer de valeurs aberrantes, le cas échéant.

[0071] Le graphique en haut de la figure 3 représente l'amplitude en fonction du temps qui passe de la réserve de marche, pour les 120 000 échantillons.

[0072] Le graphique au milieu de la figure 3 représente les fréquences caractéristiques après FFT. On peut identifier des fréquences d'intérêt 8.

[0073] Le graphique en bas de la figure 3 représente les périodes caractéristiques. On peut identifier des périodes d'intérêt 9.

[0074] La figure 4 représente les fréquences caractéristiques et périodes caractéristiques après transformées de Fourier.

[0075] Les résultats à très basses fréquences sont de préférence à filtrer pour observer les fréquences d'intérêt associées au rouage (entre 0 seconde et 300 secondes).

[0076] Les valeurs numériques des dix pics principaux ayant une période inférieure à 350 secondes permet d'obtenir les principales perturbations du rouage sur le signal d'amplitude.

Tableau 1

index	impact (°)	fréquence	période(s)
1	4.706859589	0.033334375	29.9990625
2	3.619336605	0.003333438	299.990625
3	2.705308676	0.006666875	149.9953125
4	1.103452325	0.013333375	74.99765625
5	0.957385421	0.20000625	4.99984375
6	0.884805799	0.020000625	49.9984375
7	0.830545425	0.06666875	14.99953125
8	0.747223258	0.023334063	42.85580357
9	0.725010157	0.036667813	27.271875
10	0.716868281	0.016667188	59.998125

[0077] Inconvénients de la FFT:

- les très basses fréquences sont prépondérantes dans une FFT réalisée sur une réserve de marche complète et ne présentent aucun intérêt particulier, sauf éventuellement à vouloir analyser le désarmage du barillet,
- l'étape de filtration des valeurs obtenues en fin de réserve de marche (RM) est importante sur la cohérence des résultats,
- la valeur de l'impact correspond à l'amplitude de la fonction cosinus, il faut le multiplier par deux pour le rendre comparable à l'impact visible sur le graphique temporel d'amplitude. Cette interprétation nécessaire pénalise la lecture de la FFT.
- les harmoniques peuvent être à intégrer à l'interprétation (par exemple, la perturbation associée à la rotation de la rotation du mobile de moyenne est la somme de la perturbation chaque 300 secondes mais aussi en partie de chaque 150 secondes.

[0078] Le fait de réaliser l'analyse sur la durée de l'évènement moyen, permet de pas être gêné par les basses fréquences, la plus basse fréquence étant celle de l'évènement. L'évènement moyen permet d'identifier de manière plus robuste, l'individu (i.e. quelle dent de quelle roue) qui générerait un minimum d'amplitude. Cette individu générant l'amplitude minimum ne pourrait pas être vu dans l'analyse FFT qui se traduirait en une série d'harmonique «passant sous les radars » de la détection de défaut. C'est bien la conjonction d'une analyse en fréquence circonscrite sur la durée de l'évènement étudié et une analyse temporelle par individu qui permet de retrouver les défauts.

[0079] Les figures 1, 2, 3, 4 (et leurs descriptions correspondantes) sont issues de l'art antérieur, mais ont été utilisées et modifiées lors d'implémentation du procédé de la présente invention, comme point de départ.

[0080] La figure 5 représente des variations de l'amplitude sur des périodes correspondant à des roues du mécanisme d'horlogerie.

[0081] Avec la présente invention, on obtient alors une vision plus synthétique des perturbations du rouage comme illustré en figure 5.

[0082] La rotation d'un tour de petite moyenne sur 300 secondes génère une variation d'amplitude de 21.5° (visible au niveau de la rotation PM 300.0 s sur la figure 5).

[0083] Cette variation est principalement constituée d'une variation (crête à crête) de 12.1° chaque 30 secondes. Cette période de 30 secondes correspondant à un passage de dent de planche de GM vers le pignon de petite moyenne (par exemple pignon de 10 dents).

[0084] On détecte également la présence d'un malrond sur le mobile et surtout la présence d'un point dur sur la rotation du mobile.

[0085] La transmission entre grande et petite moyenne est l'élément le plus perturbateur dans le rouage (par exemple lié à des défauts de taillage, malrond, ovalisation de la planche). Une correction sur ce mouvement pourrait être apportée en remplaçant ce mobile.

[0086] La figure 6 représente l'amplitude moyenne sur un tour de roue d'une première roue parmi les roues du mécanisme d'horlogerie.

[0087] Sur d'autres mesures de RM, les observations peuvent être différentes.

[0088] Sur la première roue, la rotation d'un tour présente deux points durs 11, qui sont espacés de 31 dents, or le mobile étudié transmet son énergie à deux mobiles dont l'angle embrassé correspond également à 31 dents. La transmission est mauvaise, cela est dû à un défaut de localisation et d'entraxe. L'efficacité de la transmission est péjorée.

[0089] La figure 7 représente l'amplitude moyenne sur un tour de roue d'un autre exemple de la première roue parmi les roues du mécanisme d'horlogerie mais sur un autre mouvement.

[0090] Sur la première roue de cet autre exemple, on peut constater également le même comportement avec deux points durs 12 séparés du même nombre de dents.

[0091] La figure 8 représente l'amplitude moyenne sur un tour de roue d'encore un autre exemple de la première roue parmi les roues du mécanisme d'horlogerie, sur encore un autre mouvement.

[0092] Enfin sur la première roue prise dans encore un autre exemple, seule un malrond est visible, la perturbation de la transmission est moindre et acceptable.

[0093] La figure 9 représente l'amplitude sur une mesure en ticket donnée.

Exemple ticket 1 :

[0094] Sur un ticket mesuré sur 60 secondes sur six positions, soit 360 secondes (six zones 6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 6f à la figure 9) : ce mouvement se distingue par un bruit sur le signal d'amplitude acoustique plus important que le reste de la population.

[0095] La figure 10 représente des variations de l'amplitude sur des périodes correspondant à des roues du mécanisme d'horlogerie.

Analyse du ticket 1 grâce à la présente invention :

[0096] On obtient une vision bornée au mobile de seconde et d'échappement des perturbations du rouage. L'analyse ne portant que sur peu de tours (ici ticket de 60 secondes seulement) est par définition imprécise, notamment le terme de plus basse fréquence associé à la rotation du mobile de seconde récupérant une partie des effets du rouage amont.

[0097] Toutefois, il est possible de déduire ce qui suit, même avec peu de tours.

[0098] Le mobile de seconde est un élément perturbateur dans ce rouage dû aux défauts suivants :

- malrond puisque chaque tour génère une variation d'environ 4.5°,
- ovalisation de la planche ou du pignon puisque chaque demi-tour génère une variation de 4.2°,

- de taillage puisque chaque dent de planche de seconde avec le pignon d'échappement génère une variation d'environ 2.9°.

[0099] Une correction sur ce mouvement pourrait être apportée en remplaçant ce mobile.

[0100] Le mouvement présente également un malrond de la roue d'échappement générant une variation de 1.5° chaque 5 secondes.

[0101] La figure 11 représente l'amplitude sur une autre mesure en ticket donnée.

Exemple ticket 2 :

[0102] Sur un ticket mesuré sur 60 secondes : celui-ci présente un bruit faible.

[0103] La figure 12 représente des variations de l'amplitude sur des périodes correspondant à des roues du mécanisme d'horlogerie.

Analyse du ticket 2 grâce à la présente invention :

[0104] Sur ce mouvement, le mobile de seconde ne génère aucun défaut, les principales perturbations du rouage étant due :

- transmission entre la planche de moyenne et le pignon de seconde (chaque 6.6 secondes) générant une variation d'environ 1.5°,
- transmission entre la planche de seconde avec le pignon d'échappement (chaque 0.62 seconde) générant une variation d'environ 1.3°. Les effets observés chaque 1.25 secondes et 2.5 secondes sont également des conséquences de cet engrènement.

[0105] Ce mouvement constitue une référence en termes de qualité de transmission.

[0106] On comprendra que diverses modifications et/ou améliorations évidentes pour l'homme du métier peuvent être apportées aux différents modes de réalisation de l'invention décrits dans la présente description.

[0107] Notons enfin qu'il est possible de combiner les modes de réalisations autant que possible ou nécessaire.

Revendications

1. Procédé de diagnostic acoustique pour détecter une roue non conforme d'un mouvement d'horlogerie, comprenant les étapes suivantes :

- fournir le mouvement d'horlogerie comprenant un oscillateur, une roue d'échappement et une pluralité de roues, un nombre de dents par roue étant prédéterminé,
- détecter une pluralité de sons, chaque son de la pluralité de sons correspondant au passage de chaque dent de la roue d'échappement,
- mesurer une grandeur caractéristique de l'oscillateur en fonctionnement, telle qu'une amplitude, une marche, un repère, un angle de levée réel,
- associer les sons de la pluralité de sons à une rotation, au moins partielle, de la roue d'échappement ou d'au moins une des roues de la pluralité de roues, sur la base du nombre de dents prédéterminé, et de préférence empiler les sons pour obtenir un signal synchrone et moyenné,
- détecter, sur la base des sons associés et/ou sur la base de la mesure de la grandeur caractéristique, et sur une période prédéterminée, une variabilité de la grandeur caractéristique, et/ou d'une durée de rotation de la roue d'échappement ou d'au moins une des roues de la pluralité de roues,
- en déduire quelle roue parmi la roue d'échappement et/ou au moins l'une des roues de la pluralité de roues, est non conforme, ou déduire que le mouvement d'horlogerie est conforme.

2. Procédé de diagnostic acoustique selon la revendication précédente, comprenant l'étape suivante :

- associer, ou corréler, des sons de la pluralité de sons à une roue parmi la pluralité de roue ou la roue d'échappement, en fonction du nombre de dents prédéterminé de ladite roue.

3. Procédé de diagnostic acoustique selon l'une des revendications précédentes, comprenant l'étape suivante :

EP 4 682 641 A1

- détecter un caractère reproductible de sons de la pluralité de sons, de préférence en fonction d'une période de rotation des roues, et/ou d'une fréquence de sons repérés, et/ou d'une fréquence de défauts.

4. Procédé de diagnostic acoustique selon l'une des revendications précédentes, comprenant l'étape suivante :

- décompter le nombre de dents par roue en fonction de la pluralité de sons détectés.

5. Procédé de diagnostic acoustique selon l'une des revendications précédentes, comprenant l'étape suivante :

- indexer des dents de la roue d'échappement ou de la pluralité de roues en fonction de la pluralité de sons détectés.

6. Procédé de diagnostic acoustique selon l'une des revendications précédentes, comprenant l'étape suivante :

- identifier des écarts, des motifs ou des anomalies par rapport à des seuils prédéterminés, dans la grandeur caractéristique, et/ou d'une durée de rotation de la roue d'échappement ou d'au moins une des roues de la pluralité de roues, de sorte à détecter quelle roue parmi la roue d'échappement et/ou au moins l'une des roues de la pluralité de roues, est non conforme.

7. Procédé de diagnostic acoustique selon l'une des revendications précédentes, comprenant l'étape suivante :

- proposer une correction après avoir déduit quelle roue parmi la roue d'échappement et/ou au moins l'une des roues de la pluralité de roues, est non conforme.

8. Procédé de diagnostic acoustique selon l'une des revendications précédentes, comprenant l'étape suivante :

- déduire que la roue non conforme présente un défaut parmi un défaut de malrond ou de concentricité, un défaut de taillage des dentures, un défaut d'ovalisation, un défaut de localisation, un défaut d'entraxe, un défaut d'usure normale ou un défaut d'usure prématurée.

9. Procédé de diagnostic acoustique selon l'une des revendications précédentes, comprenant l'étape suivante :

- procéder à au moins une transformée de Fourier sur la pluralité de sons.

10. Procédé de diagnostic acoustique selon les des revendications précédentes, comprenant l'étape suivante :

- identifier une fréquence propre correspondant à un défaut, tel qu'une fréquence propre correspondante à une durée de révolution pour un défaut de malrond, une fréquence propre correspondante à une moitié de durée de révolution pour un défaut d'ovalisation, ou une fréquence propre correspondant à un point dur comprenant une série d'harmoniques.

11. Procédé de diagnostic acoustique selon l'une des revendications précédentes, comprenant l'étape suivante :

- établir une valeur moyenne de la grandeur caractéristique, et/ou une durée de rotation de la roue d'échappement ou d'au moins une des roues de la pluralité de roues, et
- détecter, en comparant à la valeur moyenne correspondante, la variabilité de la grandeur caractéristique, et/ou de la durée de rotation de la roue d'échappement ou d'au moins une des roues de la pluralité de roues.

12. Procédé de contrôle d'un mouvement horloger comprenant les étapes de :

- placer un mouvement horloger dans un dispositif d'analyse acoustique apte à mesurer une grandeur caractéristique de l'oscillateur en fonctionnement, telle qu'une amplitude, une marche, un repère, et/ou un angle de levée réel, - identifier une conformité ou une non-conformité, de préférence automatiquement, d'une roue du mouvement horloger par le procédé de diagnostic selon l'une des revendications 1 à 11.

13. Procédé de réglage ou d'entretien d'un mouvement horloger comprenant les étapes suivantes :

- réaliser le procédé de diagnostic selon l'une des revendications 1 à 11,

- émettre une consigne de réglage à un utilisateur.

14. Procédé de réglage selon la revendication précédente, dans lequel la consigne de réglage est affichée sur un dispositif connecté, tel qu'une loupe connectée.

5

15. Procédé de réglage selon l'une des revendications 13 à 14, dans lequel la consigne de réglage à un utilisateur correspond à un changement de roue, un changement de positionnement d'au moins un rubis, à un changement de pont, à un changement de platine et/ou retoucher l'ébat d'une ou plusieurs roues.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

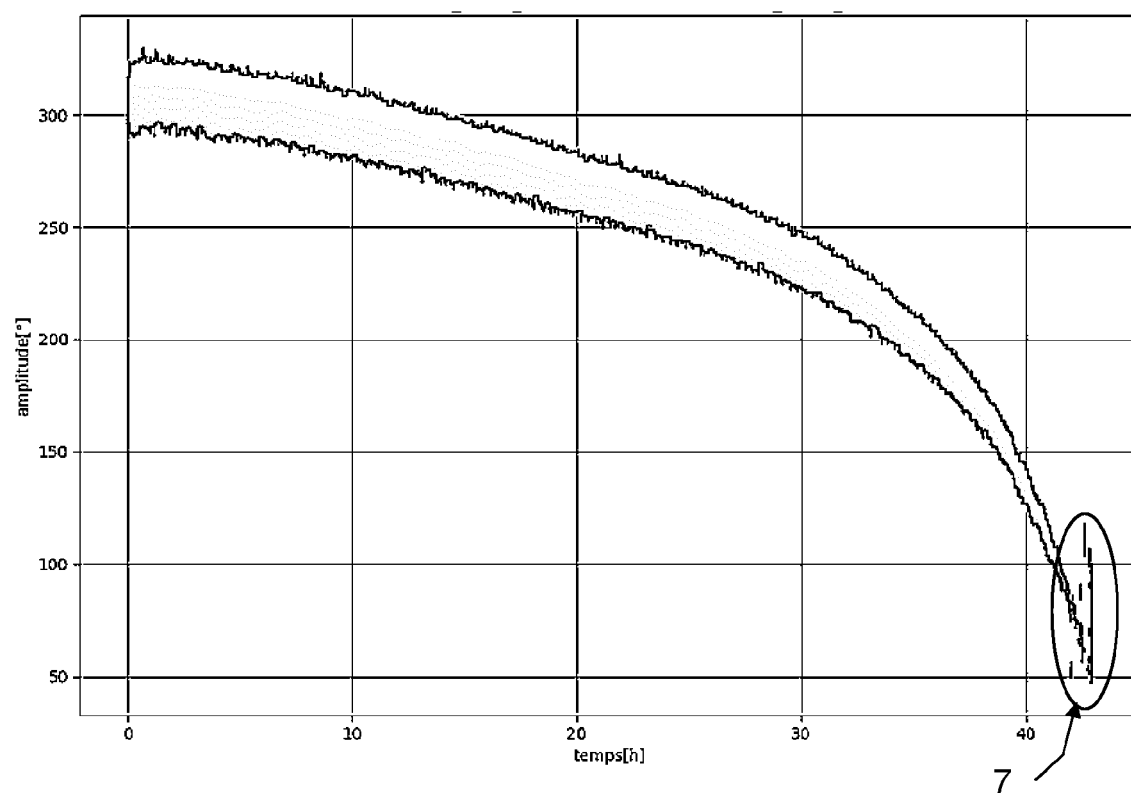


Fig. 2

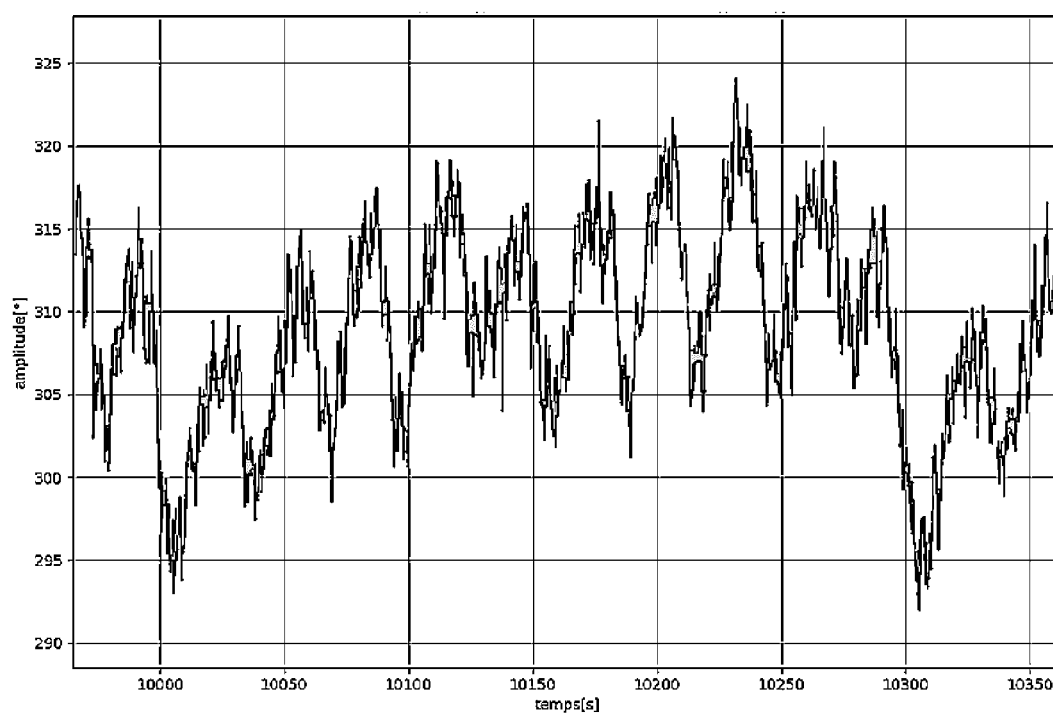


Fig. 3

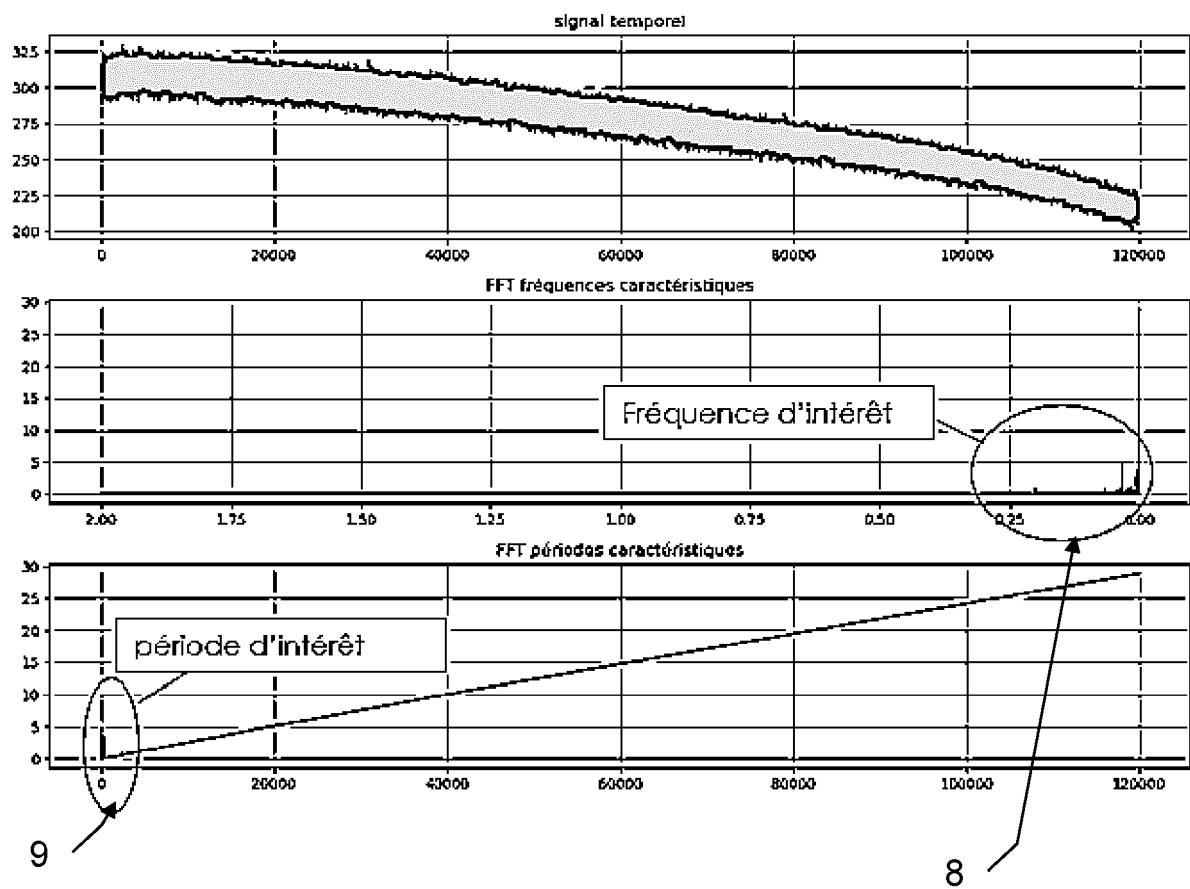


Fig. 4

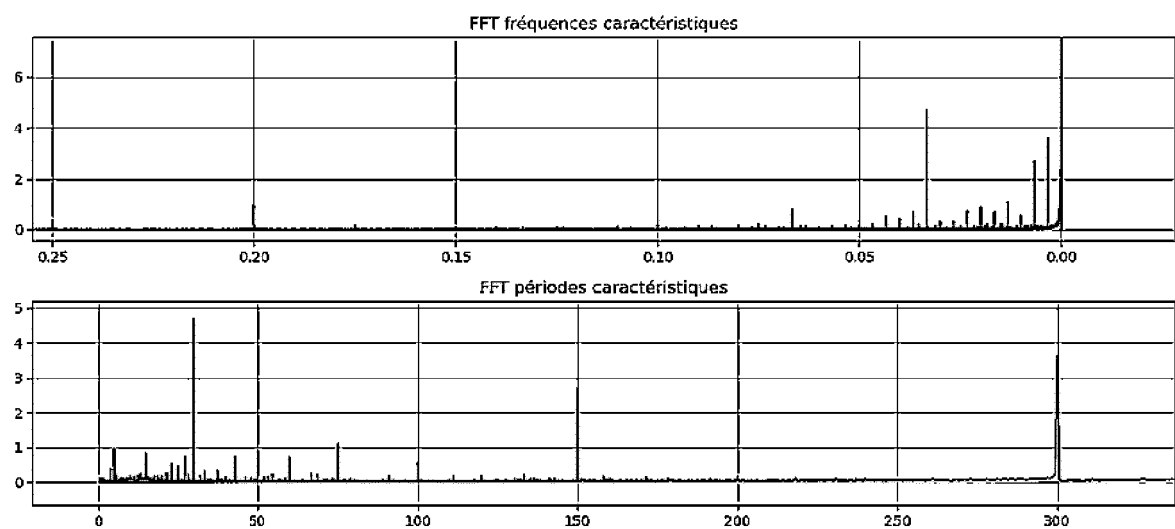


Fig. 5

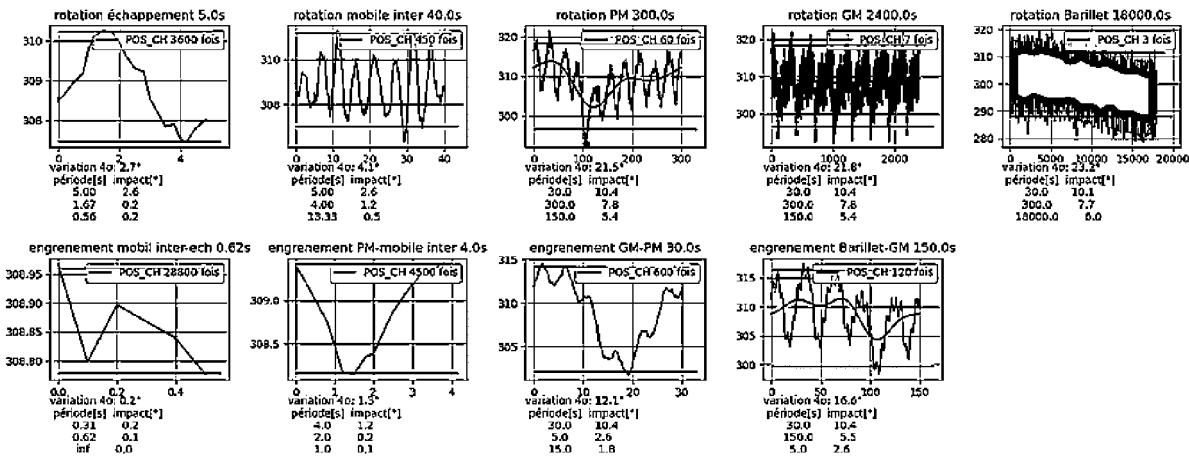
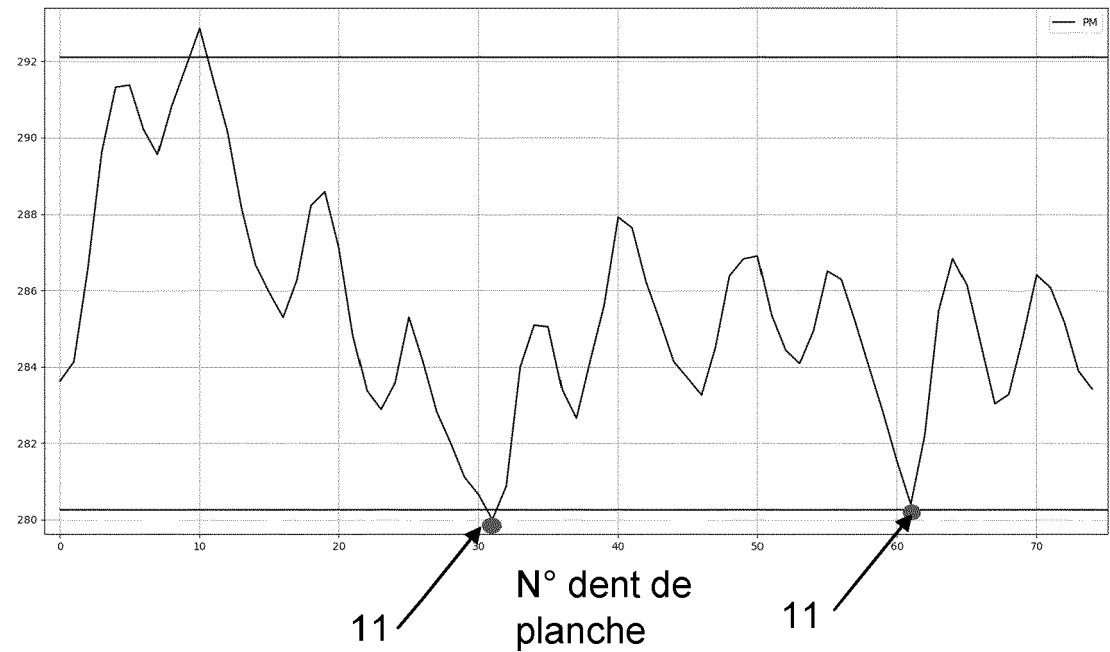


Fig. 6

amplitude



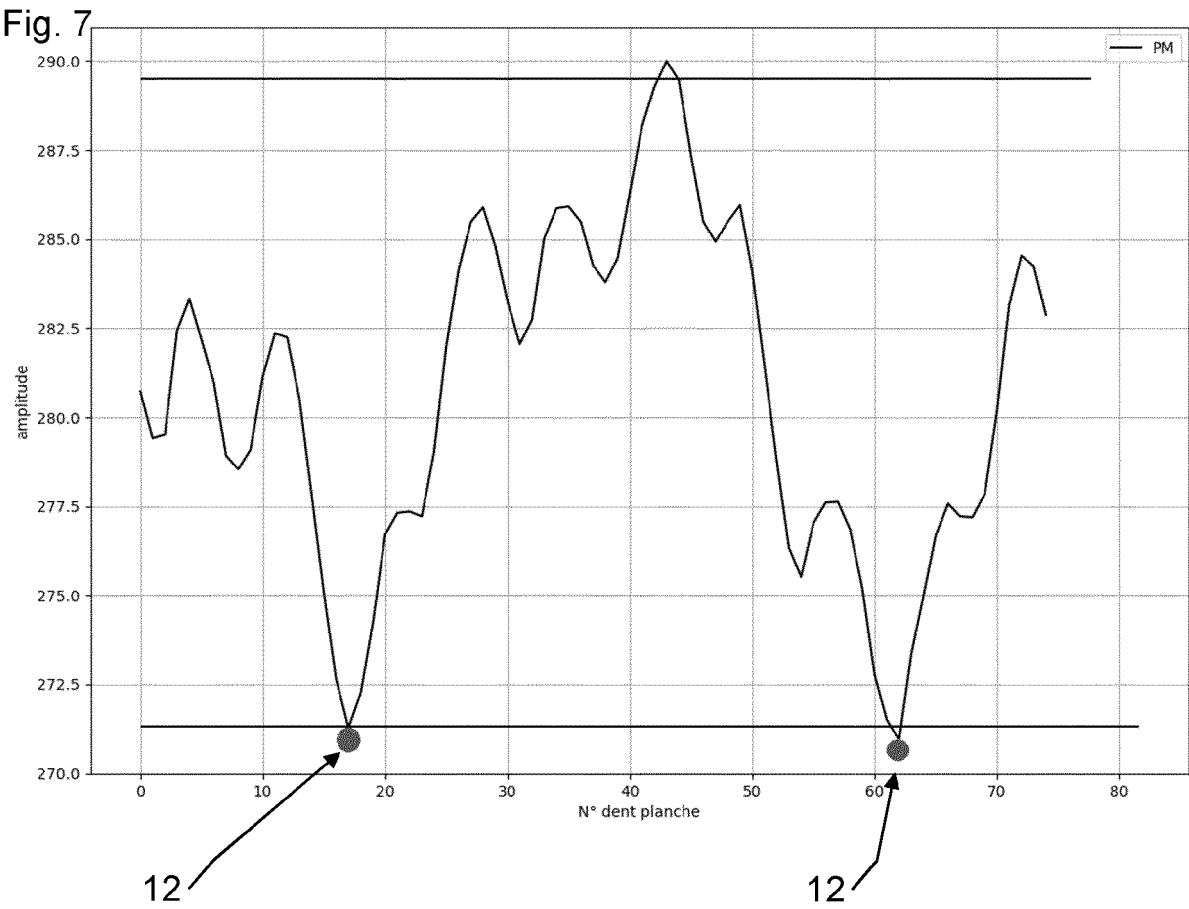


Fig. 8
amplitude

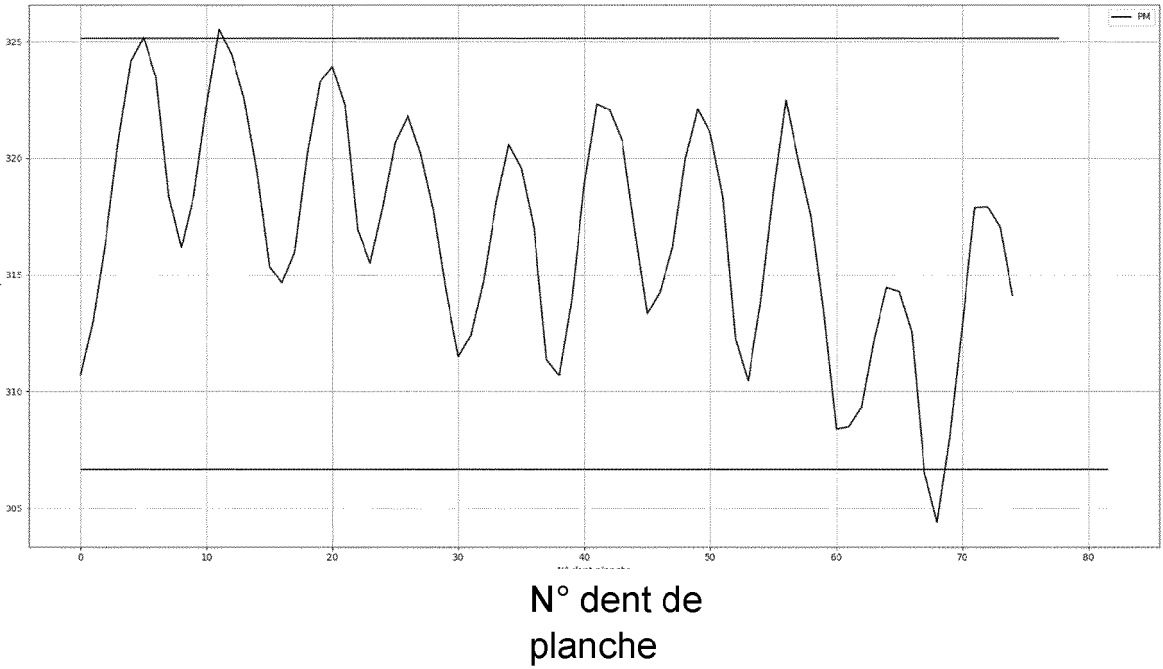


Fig. 9

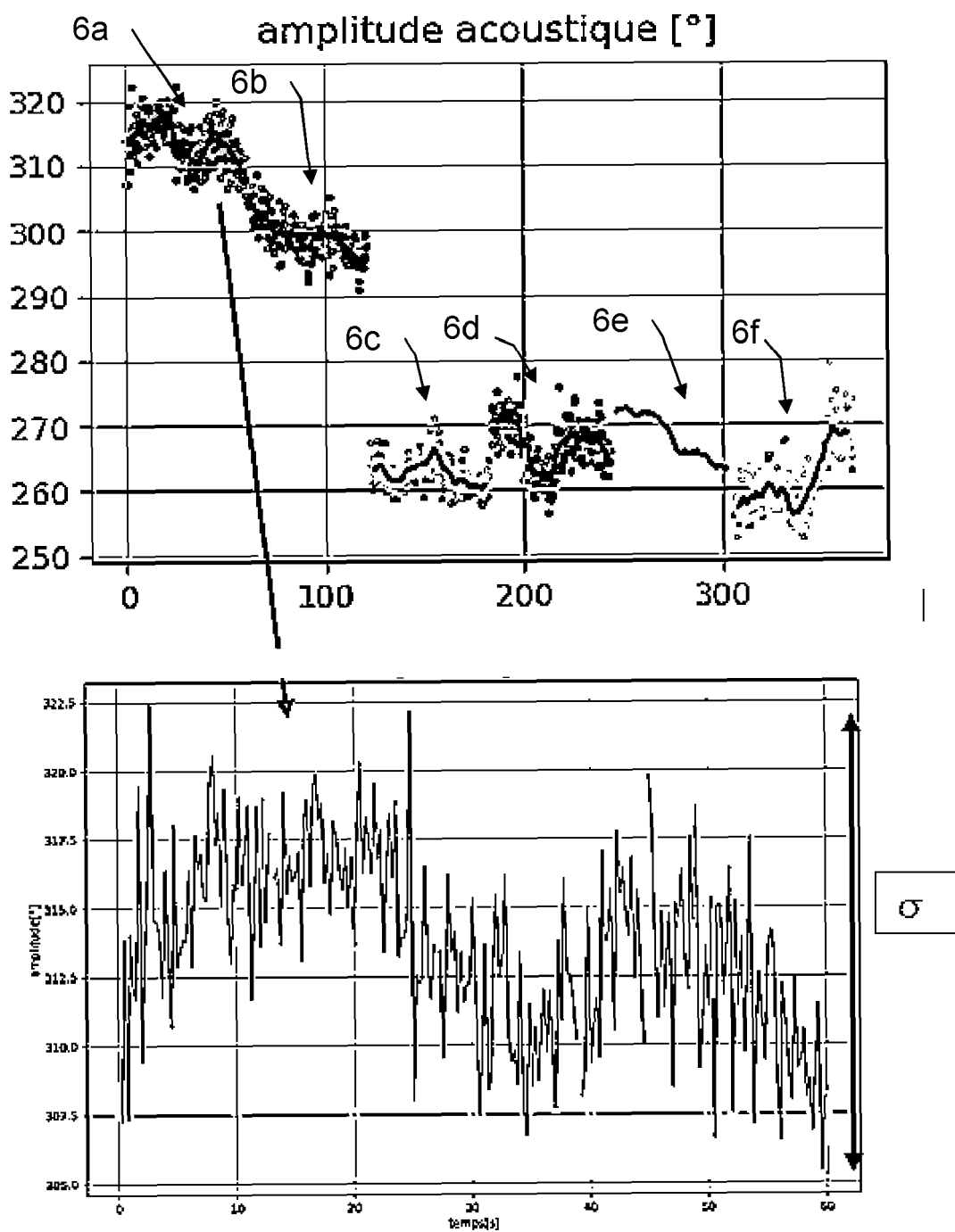


Fig. 10

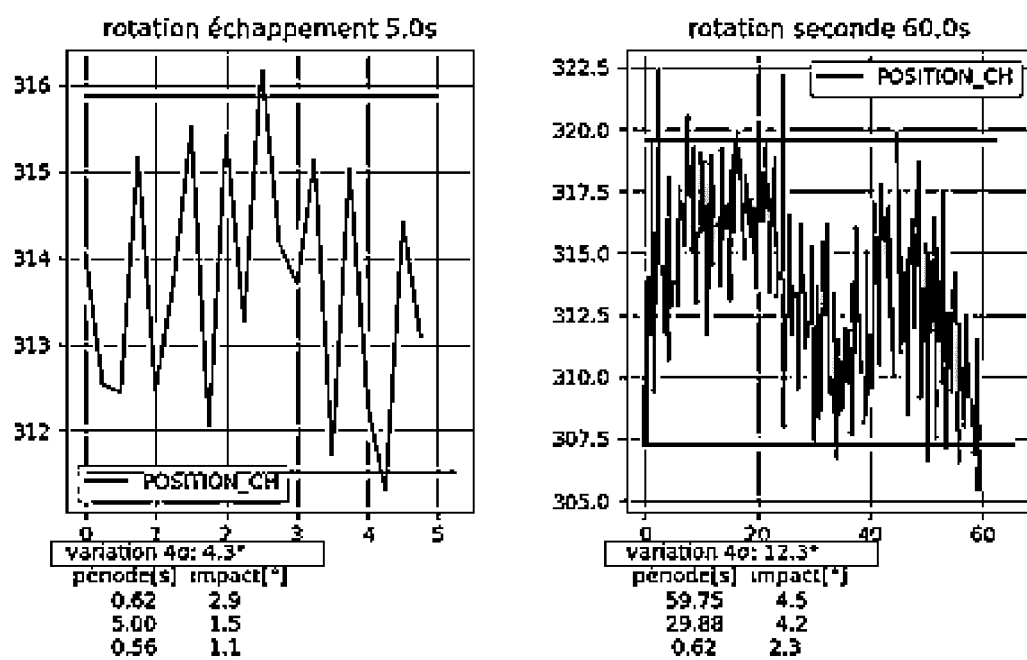


Fig. 11

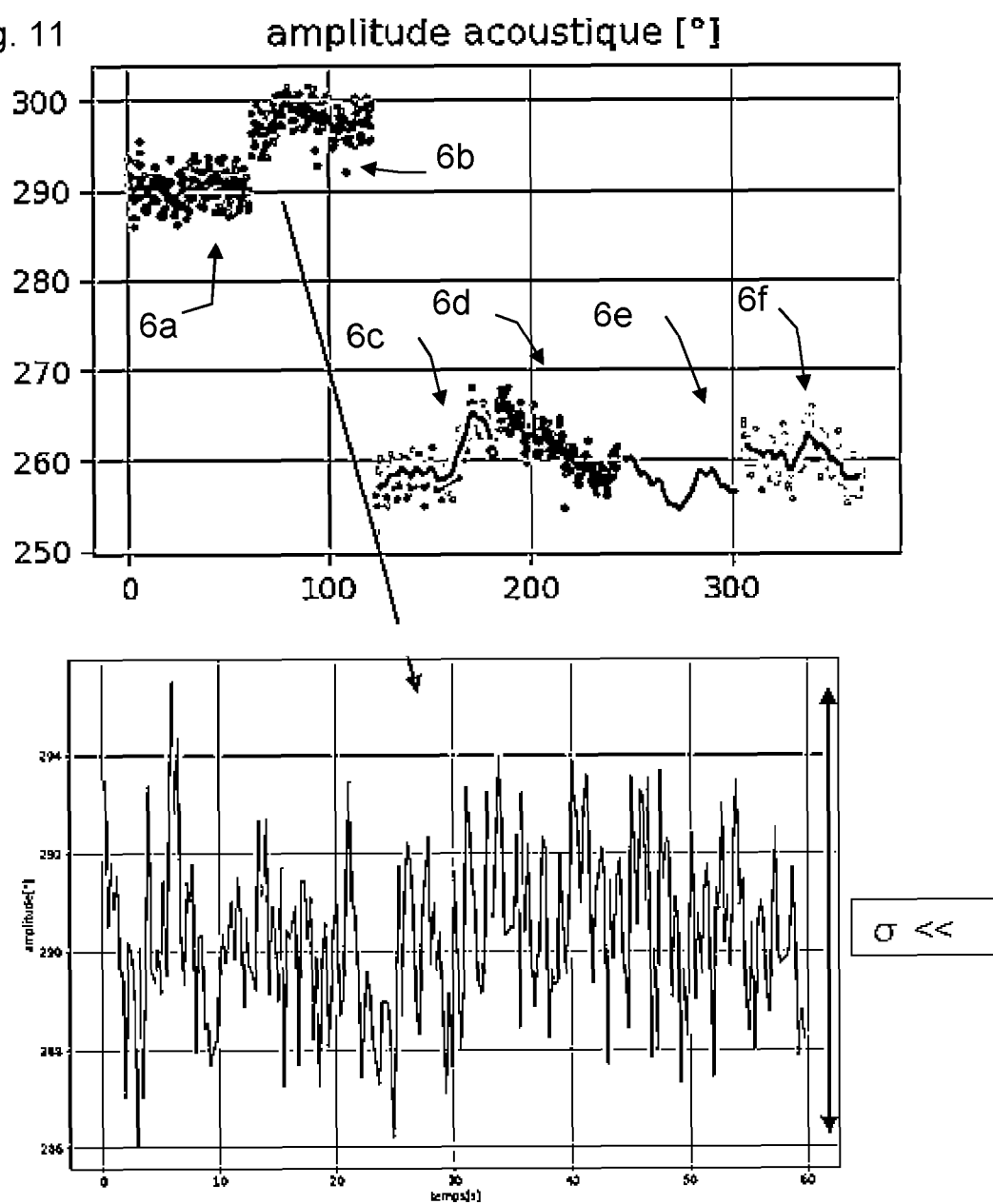
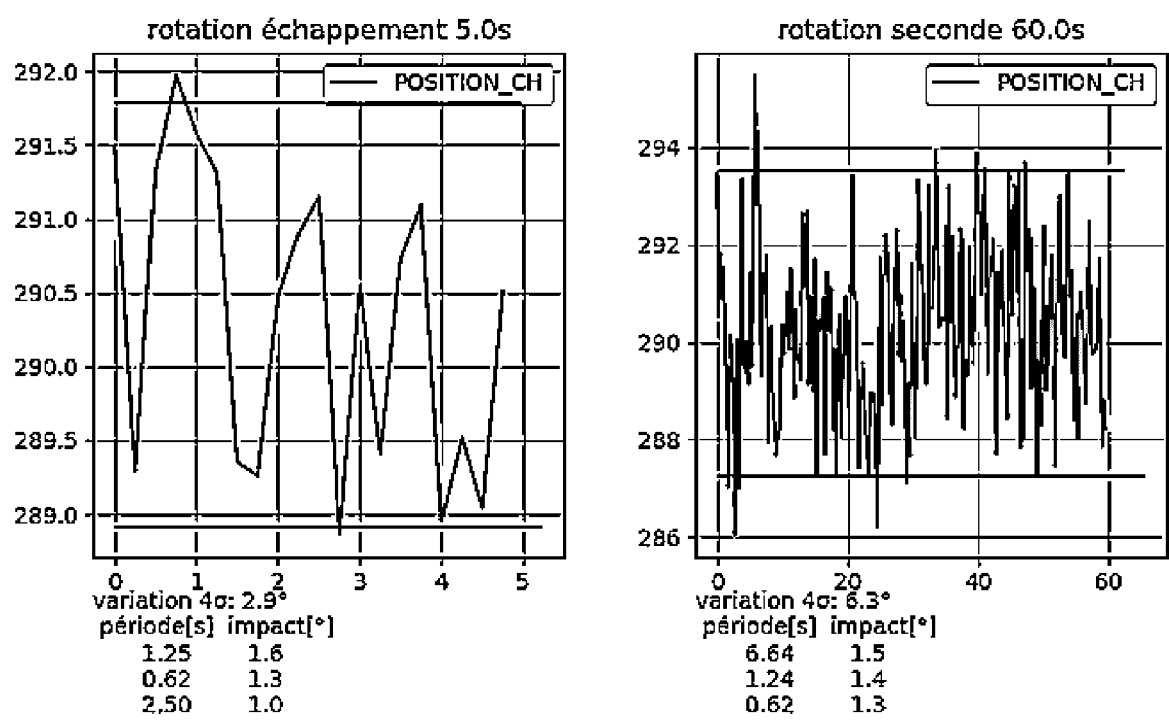


Fig. 12





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 18 9842

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	"Technique de mesure et analyses des défauts de montre", , 31 octobre 2010 (2010-10-31), pages 1-55, XP055229894, Extrait de l'Internet: URL:http://www.witschi.com/assets/files/sheets/Witschi%20Formation.pdf [extrait le 2015-11-20]	1-4,6-15	INV. G04D7/00
A	* pages 14-15 *	5	
E	EP 4 459 383 A1 (RICHEMONT INT SA [CH]) 6 novembre 2024 (2024-11-06) * alinéas [0037], [0038], [0057], [0067] - [0072], [0081] *	1,5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		22 novembre 2024	Cavallin, Alberto
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 (P34C02)

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

EP 24 18 9842

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de
recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

22-11-2024

10	Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
15	EP 4459383	A1	06-11-2024	AUCUN
20	-----			
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0460

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