



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **720 883 A2**

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

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

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

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 000679/2023

(71) Requéérant:
ROLEX SA, 3-5-7, rue François-Dussaud
1211 Genève 26 (CH)

(22) Date de dépôt: 23.06.2023

(72) Inventeur(s):
Pascal WYSS, 1110 MORGES (CH)

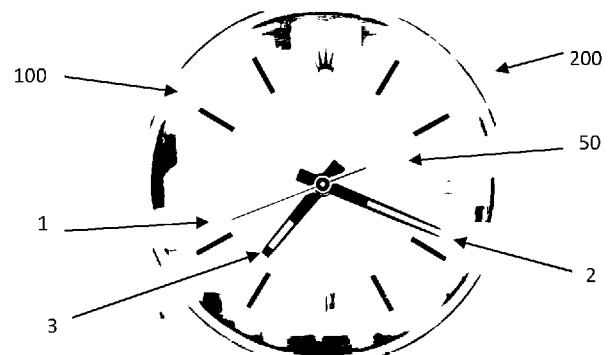
(43) Demande publiée: 30.12.2024

(74) Mandataire:
MOINAS & SAVOYE SARL, 27, rue de la Croix d'Or
1204 Genève (CH)

(54) **Procédé de contrôle chronométrique d'un mouvement horloger**

(57) L'invention concerne un procédé de contrôle chronométrique ou de certification chronométrique d'un mouvement horloger (100) ou d'une pièce d'horlogerie (200), notamment procédé de calcul d'un état chronométrique, comprenant une étape d'acquisition de données relatives au fonctionnement du mouvement horloger (100) ou de la pièce d'horlogerie (200), cette étape comprenant deux prises d'images séparées par un temps:

- supérieur à n périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure (1) augmentées d'un temps de saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
- inférieur à $n+1$ périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure (1) diminuées d'un temps de saut de l'organe d'affichage de l'heure,
- par exemple un temps de $n+0.5$ périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure, avec n un nombre entier.



Description

[0001] L'invention concerne un procédé de contrôle chronométrique ou de certification chronométrique d'un mouvement horloger ou d'une pièce d'horlogerie. L'invention concerne aussi un dispositif de contrôle chronométrique ou de certification chronométrique d'un mouvement horloger ou d'une pièce d'horlogerie. L'invention concerne aussi un procédé de production ou de réglage d'une pièce d'horlogerie ou d'un mouvement horloger. L'invention concerne encore un mouvement horloger obtenu par la mise en œuvre d'un tel procédé de production ou de réglage. L'invention concerne enfin une pièce d'horlogerie obtenue par la mise en œuvre d'un tel procédé de production ou de réglage.

[0002] La mesure de la marche d'une montre-bracelet au porter se révèle être délicate à réaliser avec une bonne précision. Il est connu d'utiliser un appareil de mesure chronométrique standard pour obtenir une valeur instantanée de la marche. Pour cela, la montre est placée sur l'appareil de mesure dans des positions bien déterminées, et les bruits du mouvement, et plus précisément de l'échappement, sont captés. Bien que relativement précise, cette mesure ne renseigne absolument pas sur le comportement de la montre au bras du porteur. Or, la grandeur la plus importante à déterminer est bien la marche de la montre au porter, car les sollicitations de la montre au poignet peuvent influencer de façon significative la marche de la montre, et chaque porteur va solliciter sa montre de manière très individuelle.

[0003] Pour déterminer la marche au porter, on met en général en œuvre une procédure basée sur au moins deux mesures, en évaluant l'heure affichée par la montre à deux instants différents et en comparant le temps écoulé tel qu'affiché par la montre (et donc représentatif de la marche moyenne sur la période séparant les deux instants de mesure) et le temps écoulé effectif donné par une horloge de référence. Cette technique est couramment utilisée par les organismes de certification, comme le Contrôle Officiel Suisse des Chronomètres (COSC, réalisant des certifications selon la norme ISO 3159), avec une durée de typiquement 24 heures entre deux mesures.

[0004] Il existe cependant un besoin d'augmenter la précision de la mesure, car le niveau de précision exigé pour une montre-bracelet tend à augmenter, avec pour conséquence une réduction des intervalles de tolérance. De plus, il est souhaitable de réduire l'intervalle de temps entre deux mesures au strict nécessaire, de façon à diminuer le temps d'immobilisation de la montre et/ou à permettre des mesures plus fréquentes.

[0005] L'état est défini comme la différence entre l'heure affichée par la montre et l'heure „vraie“, approximée par une „heure de référence“ donnée par une horloge de référence. L'heure affichée varie environ comme le temps (pente d'environ 86400 s/j) alors que l'état reste à peu près constant en fonction du temps. La dérivée de l'état par rapport au temps est communément appelée „la marche“.

[0006] Une prise d'état est une détermination de l'heure affichée associée à une heure de référence, et peut en particulier comprendre une prise d'image avec une détermination de la position des aiguilles (manuelle ou automatique). Pour calculer une marche à partir d'images du cadran, il faut deux prises d'état espacées d'un certain temps et dont on calcule la différence. La grandeur associée étant la marche, et plus précisément la marche moyenne entre les deux prises d'état, c'est la différence d'état entre deux prises d'état qui doit être déterminée.

[0007] La marche dite „diurne“ (par opposition à la marche „instantanée“) est définie par le rapport entre la différence d'état, généralement en [s], et le temps écoulé (vrai), généralement en [j], entre les deux prises d'état. Strictement, la marche diurne est la différence entre deux états séparés par un intervalle de temps de 24 h (définition du dictionnaire Berner) mais cette définition est généralisée pour un intervalle de temps „long“, de quelques heures ou plus.

[0008] La marche instantanée est quant à elle déterminée en mesurant la fréquence d'oscillation de l'oscillateur balancier-spiral durant un intervalle de temps très court, de l'ordre de quelques secondes ou quelques minutes, avec une mesure qui est réalisée par un chronocomparateur acoustique ou optique. La marche diurne correspond en première approximation à la marche instantanée moyennée sur une certaine durée.

[0009] Pour résumer, d'un point de vue des définitions, on note :

- tdis: l'heure affichée par la montre ;
- tREF : l'heure donnée par l'horloge de référence ;
- etat = tdis - tREF : la différence entre l'heure affichée et l'heure de référence ;
- marche = (etat[t2]-etat[t1])/(tREF[t2]-tREF[t1]), ce qui fait que :
- marche = ((tdis[t2]-tdis[t1])/(tREF [t2]-tREF [t1]))-1,

telle que déterminée avec deux prises d'état espacées d'un temps correspondant à t2-t1. La marche est un rapport relatif entre deux durées, et est donc sans dimension. Pour faciliter la compréhension, on multiplie en général la marche par 86400 pour l'exprimer en [s/j].

[0010] De manière habituelle, la détermination de la marche d'une montre par prises d'état est réalisée par les étapes suivantes:

- On acquiert une image du cadran de la montre et des aiguilles à un instant donné et on enregistre l'instant de la prise de l'image sur la base d'une horloge de référence (tREF), par exemple l'heure tREF donnée par l'horloge de référence à l'instant de l'acquisition de l'image ;
- On détermine sur l'image la position des aiguilles en regard d'au moins une référence représentative de l'orientation du cadran, par exemple le centre et le „midi“ et on calcule sur cette base l'heure affichée (tdis) ;
- On calcule l'état par la différence entre l'heure affichée et l'heure de référence :
etat = tdis-tREF ;
- Avec deux prises d'état espacées d'un certain temps (par exemple 24h), on calcule la marche selon la formule ci-dessus.

[0011] En suivant cette démarche, la titulaire a notamment identifié différents problèmes :

- Des erreurs de détection, de superposition d'aiguilles, de distorsion (par exemple lors d'un passage des aiguilles sous une loupe ou un cyclope), etc. donnent lieu à des valeurs aberrantes, et nécessitent une correction manuelle ou une répétition de la mesure ;
- L'heure ne peut pas toujours être déterminée de façon complète ou univoque, par exemple si on ne dispose pas de toutes les aiguilles, comme c'est le cas lors de mesures réalisées avec seulement l'aiguille des secondes, ou encore si la montre n'est pas mise à l'heure et présente un état quelconque, induisant par exemple une confusion possible entre le matin et l'après-midi ;
- Le déphasage (quelconque) entre les aiguilles des secondes et des minutes peut provoquer des erreurs d'une minute sur l'état.

[0012] Le document EP2458458 décrit le principe d'une mesure par prises d'état, avec deux images prises à deux instants différents bien identifiés. La position des aiguilles est identifiée par superposition d'images. Le document mentionne aussi la possibilité de réaliser des mesures de différences d'états sur des durées courtes, de l'ordre de la minute ou de l'heure, ainsi que la possibilité de réaliser des mesures successives pour calculer une précision moyenne par moyennage des valeurs.

[0013] Le document EP3719589 décrit un dispositif de remontage et remise à l'heure d'une montre, avec notamment des moyens de correction d'état, et mentionne des moyens de mesure d'état comportant un système de vision, sans aucun détail sur l'agencement des moyens et sur les procédures de mesure.

[0014] Le but de l'invention est de fournir un procédé de contrôle chronométrique dont l'efficacité est optimisée et d'améliorer les procédés de contrôle chronométrique connus de l'art antérieur. En particulier, l'invention propose un procédé de contrôle chronométrique dont la précision est améliorée et/ou dont le temps de mise en œuvre est réduit.

[0015] Selon un premier aspect, l'invention est définie par les propositions qui suivent.

1. Procédé de contrôle chronométrique ou de certification chronométrique d'un mouvement horloger (100) ou d'une pièce d'horlogerie (200), notamment procédé de calcul d'un état chronométrique, comprenant :
 - une étape d'acquisition de données relatives au fonctionnement du mouvement horloger (100) ou de la pièce d'horlogerie (200),
 - une étape de traitement des données de sorte à déterminer un instant de saut d'un organe d'affichage de l'heure (1), notamment d'une aiguille des secondes (1), du mouvement horloger (100) ou de la pièce d'horlogerie (200).
2. Procédé selon la proposition 1, caractérisé en ce que l'étape d'acquisition des données comprend l'acquisition de données acoustiques et/ou magnétiques et/ou optiques, et en ce que l'étape de traitement des données comprend la détermination d'une première date (Ttic) associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure.
3. Procédé selon la proposition 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape d'acquisition des données comprend l'acquisition d'une première série d'images de l'organe d'affichage de l'heure, cette acquisition étant notamment :
 - réalisée à une fréquence (f1) au moins 10 fois supérieure ou au moins 20 fois supérieure à la fréquence (fs) de saut de l'organe d'affichage de l'heure, et/ou

- réalisée pendant une durée telle que l'organe d'affichage de l'heure se trouve dans plusieurs positions stables successives, notamment dans deux positions stables successives.
4. Procédé selon la proposition précédente, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend :
- la détermination et la sélection d'au moins une image de la première série d'images prise au moment d'un saut ou temporellement au plus proche d'un saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
 - la détermination d'une première date (Ttic) associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure comme étant la date de la prise de l'au moins une image de la première série d'images prise au moment d'un saut ou temporellement au plus proche d'un saut de l'organe d'affichage de l'heure et,
 - optionnellement, la détermination d'une position de l'organe d'affichage de l'heure associée à cette première date.
5. Procédé selon la proposition 3, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend :
- la détermination et la sélection d'au moins deux images de la première série d'images prise au moment d'un saut ou temporellement au plus proche d'un saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
 - la détermination d'une première date (Ttic) associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure par calcul en utilisant les dates de la prise des au moins deux images, notamment en déterminant l'instant de mise en mouvement de l'organe d'affichage de l'heure ou l'instant d'arrêt du mouvement de l'organe d'affichage de l'heure ou l'instant auquel la vitesse de l'organe d'affichage est maximale, et,
 - optionnellement, la détermination d'une position de l'organe d'affichage de l'heure associée à cette première date.
6. Procédé selon la proposition 3, caractérisé en ce que l'étape d'acquisition des données comprend l'acquisition d'une image de l'organe d'affichage de l'heure pendant une durée durant laquelle il occupe deux positions successives stables et en ce que l'étape de traitement des données comprend :
- la détermination d'une première date (Ttic) associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure, entre les deux positions successives stables, par calcul en analysant les intensités apparentes de l'organe d'affichage sur l'image dans les deux positions successives stables, et,
 - optionnellement, la détermination d'une position de l'organe d'affichage de l'heure associée à cette première date.
7. Procédé selon l'une des propositions précédentes, caractérisé en ce que l'étape d'acquisition des données comprend l'acquisition d'une deuxième série d'images de l'organe d'affichage de l'heure, notamment distincte de la première série d'images.
8. Procédé selon la proposition précédente, caractérisé en ce que l'acquisition de la deuxième série d'images de l'organe d'affichage de l'heure comprend au moins une prise d'image séparée de l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure (1) par un temps :
- supérieur à n périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure augmentées d'un temps de saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
 - inférieur à n+1 périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure diminuées d'un temps de saut de l'organe d'affichage de l'heure, par exemple un temps de n+0.5 périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure, avec n un nombre entier.
9. Procédé selon la proposition 7, caractérisé en ce que l'acquisition de la deuxième série d'images de l'organe d'affichage de l'heure comprend au moins deux prises d'images séparées par un temps :
- supérieur à n périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure augmentées d'un temps de saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
 - inférieur à n+1 périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure diminuées d'un temps de saut de l'organe d'affichage de l'heure, par exemple un temps de n+0.5 périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure,

avec n un nombre entier.

10. Procédé selon la proposition 7 ou 9, caractérisé en ce que l'acquisition de la deuxième série d'images de l'organe d'affichage de l'heure est réalisée sur une durée pendant laquelle l'organe d'affichage de l'heure se trouve dans plusieurs positions stables successives.
11. Procédé selon la proposition précédente, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend l'identification d'images de la deuxième série d'images prises alors que l'organe d'affichage de l'heure est en mouvement et/ou sur lesquelles la position de l'organe d'affichage de l'heure ne peut pas être correctement identifiée, et l'exclusion de ces images de la deuxième série d'images.
12. Procédé selon l'une des propositions 7 à 11, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend la détermination d'une deuxième ou de deuxièmes positions de l'organe d'affichage de l'heure associées aux images de la deuxième série d'images.
13. Procédé selon l'une des propositions 7 à 12, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend l'utilisation d'une deuxième date ou de deuxièmes dates (Ts) associées à la prise des images de la deuxième série d'images.
14. Procédé selon la proposition 13, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend le calcul d'une troisième date ou de troisièmes dates (Tref) associée à un saut de l'organe d'affichage précédant ou suivant la deuxième date ou les deuxièmes dates (Ts).
15. Procédé selon la proposition précédente, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend un calcul de marche et/ou un calcul d'état utilisant la ou les troisièmes dates de saut (Tref) ou au moins un instant de saut déduit de la ou les troisièmes dates (Tref).
16. Dispositif (10) de contrôle chronométrique ou de certification chronométrique d'une pièce d'horlogerie (200) ou d'un mouvement horloger (100), comprenant des éléments matériels (11, 12, 13, 14, 15) et/ou logiciels mettant en œuvre le procédé selon l'une des propositions précédentes.
17. Procédé de production ou de réglage d'une pièce d'horlogerie (200) ou d'un mouvement horloger (100), le procédé comprenant une étape de mise en œuvre du procédé de contrôle chronométrique selon l'une des propositions 1 à 15.
18. Procédé de production ou de réglage selon la proposition précédente, le procédé comprenant au moins une étape de réglage, notamment une étape de réglage dépendante d'un écart de marche entre une valeur cible et une valeur mesurée.
19. Pièce d'horlogerie (200), notamment montre-bracelet, ou mouvement horloger (100) obtenu par la mise en œuvre du procédé selon l'une des propositions 17 et 18.
20. Produit programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support de données lisible par un ordinateur et/ou exécutable par un ordinateur, caractérisé en ce en ce qu'il comprend des instructions qui, lorsque le programme est exécuté par l'ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des propositions 1 à 15.
21. Support d'enregistrement (15) lisible par ordinateur comprenant des instructions qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des propositions 1 à 15.
22. Signal d'un support de données, portant le produit programme d'ordinateur selon la proposition 20.

[0016] Selon un deuxième aspect, l'invention est définie par les propositions qui suivent.

23. Procédé de contrôle chronométrique ou de certification chronométrique d'un mouvement horloger (100) ou d'une pièce d'horlogerie (200), notamment procédé de calcul d'un état chronométrique, comprenant une étape d'acquisition de données relatives au fonctionnement du mouvement horloger (100) ou de la pièce d'horlogerie (200), cette étape comprenant deux prises d'images séparées par un temps :
 - supérieur à n périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure augmentées d'un temps de saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
 - inférieur à $n+1$ périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure diminuées d'un temps de saut de l'organe d'affichage de l'heure,

CH 720 883 A2

- par exemple un temps de $n+0.5$ périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure, avec n un nombre entier.
24. Procédé selon la proposition 23, caractérisé en ce que :
- le procédé comprend une étape de traitement des données de sorte à déterminer un instant de saut d'un organe d'affichage de l'heure (1), notamment d'une aiguille des secondes (1), du mouvement horloger (100) ou de la pièce d'horlogerie (200), et/ou
 - l'étape d'acquisition des données comprend l'acquisition de données acoustiques et/ou magnétiques et/ou optiques, et l'étape de traitement des données comprend la détermination d'une première date (Ttic) associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure.
25. Procédé selon la proposition 23 ou 24, caractérisé en ce que l'étape d'acquisition des données comprend l'acquisition d'une première série d'images de l'organe d'affichage de l'heure, cette acquisition étant notamment:
- réalisée à une fréquence (f1) au moins 10 fois supérieure ou au moins 20 fois supérieure à la fréquence (fs) de saut de l'organe d'affichage de l'heure, et/ou
 - réalisée pendant une durée telle que l'organe d'affichage de l'heure se trouve dans plusieurs positions stables successives, notamment dans deux positions stables successives.
26. Procédé selon la proposition 25, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend:
- la détermination et la sélection d'au moins une image de la première série d'images prise au moment d'un saut ou temporellement au plus proche d'un saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
 - la détermination d'une première date (Ttic) associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure comme étant la date de la prise de l'au moins une image de la première série d'images prise au moment d'un saut ou temporellement au plus proche d'un saut de l'organe d'affichage de l'heure et,
 - optionnellement, la détermination d'une position de l'organe d'affichage de l'heure associée à cette première date.
27. Procédé selon la proposition 25, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend:
- la détermination et la sélection d'au moins deux images de la première série d'images prise au moment d'un saut ou temporellement au plus proche d'un saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
 - la détermination d'une première date (Ttic) associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure par calcul en utilisant les dates de la prise des au moins deux images, notamment en déterminant l'instant de mise en mouvement de l'organe d'affichage de l'heure ou l'instant d'arrêt du mouvement de l'organe d'affichage de l'heure ou l'instant auquel la vitesse de l'organe d'affichage est maximale, et,
 - optionnellement, la détermination d'une position de l'organe d'affichage de l'heure associée à cette première date.
28. Procédé selon la proposition 25, caractérisé en ce que l'étape d'acquisition des données comprend l'acquisition d'une image de l'organe d'affichage de l'heure pendant une durée durant laquelle il occupe deux positions successives stables et en ce que l'étape de traitement des données comprend:
- la détermination d'une première date (Ttic) associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure, entre les deux positions successives stables, par calcul en analysant les intensités apparentes de l'organe d'affichage sur l'image dans les deux positions successives stables, et,
 - optionnellement, la détermination d'une position de l'organe d'affichage de l'heure associée à cette première date.
29. Procédé selon l'une des propositions 23 à 28, caractérisé en ce que l'étape d'acquisition des données comprend l'acquisition d'une deuxième série d'images de l'organe d'affichage de l'heure, notamment distincte de la première série d'images, la deuxième série d'images incluant deux prises d'images séparées de l'étape d'acquisition de données relatives au fonctionnement du mouvement horloger (100) ou de la pièce d'horlogerie (200).

30. Procédé selon la proposition 29, caractérisé en ce que l'acquisition de la deuxième série d'images de l'organe d'affichage de l'heure est réalisée sur une durée pendant laquelle l'organe d'affichage de l'heure se trouve dans plusieurs positions stables successives.
31. Procédé selon la proposition 30, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend l'identification d'images de la deuxième série d'images prises alors que l'organe d'affichage de l'heure est en mouvement et/ou sur lesquelles la position de l'organe d'affichage de l'heure ne peut pas être correctement identifiée, et l'exclusion de ces images de la deuxième série d'images.
32. Procédé selon l'une des propositions 29 à 31, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend la détermination d'une deuxième ou de deuxièmes positions de l'organe d'affichage de l'heure associées aux images de la deuxième série d'images.
33. Procédé selon l'une des propositions 29 à 32, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend l'utilisation d'une deuxième date ou de deuxièmes dates (Ts) associées à la prise des images de la deuxième série d'images.
34. Procédé selon la proposition 33, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend le calcul d'une troisième date ou de troisièmes dates (Tref) associée à un saut de l'organe d'affichage précédant ou suivant la deuxième date ou les deuxièmes dates (Ts).
35. Procédé selon la proposition 34, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend un calcul de marche et/ou un calcul d'état utilisant la ou les troisièmes dates de saut (Tref) ou au moins un instant de saut déduit de la ou les troisièmes dates (Tref).
36. Dispositif (10) de contrôle chronométrique ou de certification chronométrique d'une pièce d'horlogerie (200) ou d'un mouvement horloger (100), comprenant des éléments matériels (11, 12, 13, 14, 15) et/ou logiciels mettant en œuvre le procédé selon l'une des propositions 23 à 35.
37. Procédé de production ou de réglage d'une pièce d'horlogerie (200) ou d'un mouvement horloger (100), le procédé comprenant une étape de mise en œuvre du procédé de contrôle chronométrique selon l'une des propositions 23 à 35.
38. Procédé de production ou de réglage selon la proposition 37, le procédé comprenant au moins une étape de réglage, notamment une étape de réglage dépendante d'un écart de marche entre une valeur cible et une valeur mesurée.
39. Pièce d'horlogerie (200), notamment montre-bracelet, ou mouvement horloger (100) obtenu par la mise en œuvre du procédé selon l'une des propositions 37 et 38.
40. Produit programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support de données lisible par un ordinateur et/ou exécutable par un ordinateur, caractérisé en ce en ce qu'il comprend des instructions qui, lorsque le programme est exécuté par l'ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des propositions 23 à 35.
41. Support d'enregistrement (15) lisible par ordinateur comprenant des instructions qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des propositions 23 à 35.
42. Signal d'un support de données, portant le produit programme d'ordinateur selon la proposition 40.

[0017] Les dessins annexés représentent, à titre d'exemple, une pièce d'horlogerie selon l'invention et illustrent des phénomènes sur lesquels reposent les procédés selon l'invention.

La figure 1 est une représentation d'une pièce d'horlogerie selon l'invention.

La figure 2 est un graphique illustrant l'erreur type d'un procédé de contrôle chronométrique en fonction de l'intervalle de temps séparant deux prises d'état.

La figure 3 est une représentation illustrant le principe d'un mode d'exécution du procédé de contrôle chronométrique selon l'invention.

La figure 4 est une représentation schématique d'un mode de réalisation d'un dispositif de contrôle chronométrique.

[0018] Un mode de réalisation d'une pièce d'horlogerie 200 est décrit ci-après en détail en référence à la figure 1. La pièce d'horlogerie 200 est par exemple une montre, en particulier une montre-bracelet. La pièce d'horlogerie 200 comprend un mouvement horloger 100, sur lequel est avantageusement fixé un cadran 50. Le mouvement horloger est destiné à être monté dans un boîtier ou une boîte de pièce d'horlogerie afin de le protéger de l'environnement extérieur. Le mouvement horloger 100 peut être un mouvement horloger mécanique, notamment un mouvement horloger automatique, ou encore un mouvement horloger hybride.

[0019] Le mouvement horloger 100 comprend un bâti et un système réglant. Le système réglant comprend un oscillateur et un système d'échappement, comme par exemple un échappement à ancre suisse.

[0020] L'oscillateur comprend un élément inertiel, comme par exemple un balancier et un ressort de rappel, comme par exemple un ressort-spiral.

[0021] La pièce d'horlogerie comprend encore des éléments 1, 2, 3 d'affichage de l'heure, comme une aiguille des secondes 1, une aiguille des minutes 2 et une aiguille des heures 3. Ces éléments d'affichage coopèrent par exemple avec des repères et/ou des marquages, comme un limbe, préférentiellement gradué, et/ou un ou plusieurs index et/ou un chemin de fer, sur le cadran 50 pour indiquer l'heure.

[0022] Un mode d'exécution d'un procédé de contrôle chronométrique est décrit ci-après. Il met en œuvre un dispositif de contrôle chronométrique qui est notamment utilisable en production.

[0023] Le dispositif de contrôle chronométrique comprend:

- une caméra apte à acquérir une photo ou une série de photos, et
- des moyens de traitement mettant en œuvre un programme informatique apte à déterminer les positions angulaires des différentes aiguilles à l'aide des différents repères disponibles (position du centre, éventuellement position de certains marquages ou index).

[0024] En supposant que l'incertitude sur l'heure de référence est négligeable, l'erreur de mesure σ pour une mesure de marche faite entre deux prises d'état espacées d'un temps ΔT (en heures) est donnée par:

$$\sigma(\Delta T) = \sqrt{2 \times 24 \times \sigma_{PE} / \Delta T} \text{ équation (1)}$$

avec σ_{PE} l'incertitude de mesure de l'état (incertitude sur la position de l'aiguille des secondes). Le mouvement saccadé de l'aiguille des secondes provoque, pour l'exemple d'une montre doté d'un oscillateur présentant une fréquence à 4 Hz, un mouvement saccadé à 0.125 s et une dispersion sur l'état d'écart-type $\sigma_{PE} = 0.125 / 12^{1/2} = 0.036$ s. La figure 2 illustre l'influence du temps entre les prises d'état ΔT sur la précision de la mesure de marche $\sigma(\Delta T)$, en prenant pour exemple $\sigma_{PE} = 0.036$ s comme indiqué ci-dessous.

[0025] Ainsi, pour une durée de mesure de 24h comme pour la mesure de la marche diurne au COSC, on a $\sigma(24h) = 0.045$ s/j en considérant exclusivement la source d'incertitude provenant du mouvement saccadé de l'aiguille des secondes. En revanche, le même calcul appliqué à une mesure de marche sur 4h donne $\sigma(4h) = 0.27$ s/j, ce qui devient nettement plus problématique. Il peut en résulter une capacité de mesure insuffisante pour certains critères, selon les protocoles de mesure utilisés (durée entre les prises d'état, par exemple).

[0026] Il apparaît donc nécessaire de diminuer l'erreur de mesure. Il est proposé de diminuer l'erreur en déterminant précisément l'instant du saut d'aiguille des secondes correspondant à l'heure affichée. L'angle balayé durant une seconde par l'aiguille est de 6° , et l'angle parcouru par cette même aiguille pendant une alternance de l'oscillateur balancier-spiral dépend de la fréquence dudit oscillateur. Cet angle est par exemple de 0.75° pour une fréquence d'oscillation du balancier-spiral de 4 Hz. Il apparaît alors intéressant de pouvoir déterminer l'instant précis du saut de l'aiguille et de l'associer à une position de l'aiguille déterminée sur une image, plutôt que de prendre l'instant de la prise d'image comme temps correspondant à la position de l'aiguille. Plus généralement, l'aiguille des secondes pourra par exemple être appelée organe d'affichage de l'heure, à savoir participant à l'affichage de l'heure ou d'un horaire. Cet organe d'affichage de l'heure est solidaire ou monté en dérivation d'un mobile régulé par le système réglant, en particulier l'oscillateur, du mouvement ou de la pièce d'horlogerie.

[0027] Le saut de l'organe d'affichage de l'heure est une phase transitoire instable entre deux positions successives stables de l'organe d'affichage de l'heure. Entre deux sauts successifs, l'organe d'affichage de l'heure reste, dans chaque position stable, pendant sensiblement une demi-période d'oscillation de l'oscillateur du mouvement horloger.

[0028] La durée de l'ensemble:

- d'une phase de saut, et

- d'une phase de maintien de l'organe d'affichage de l'heure dans une position stable précédant immédiatement la phase de saut ou suivant immédiatement la phase de saut

est appelée la période de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure.

[0029] Un mode d'exécution avantageux du procédé de contrôle comprend d'une part une détermination de la position de l'aiguille des secondes sur une image ou sur plusieurs images sélectionnée(s) parmi une série d'images du cadran, et d'autre part une détection précise de l'instant du saut de l'aiguille de façon à calculer l'instant précis du saut de l'aiguille. En d'autres termes, le mode d'exécution du procédé de contrôle comprend, outre une étape d'acquisition de données relatives au fonctionnement du mouvement horloger 100 ou de la pièce d'horlogerie 200, une étape de traitement des données de sorte à déterminer un instant de saut d'un organe d'affichage de l'heure 1, notamment une aiguille des secondes 1, du mouvement horloger 100 ou de la pièce d'horlogerie 200.

[0030] Ainsi, le procédé permet de dissocier la mesure de la position de l'aiguille et la détermination de l'instant du saut par lequel l'aiguille arrive dans cette position (ou, selon d'autres conventions, par lequel l'aiguille quitte cette position). Cela permet aussi de capter ou de choisir une image pour laquelle l'aiguille est immobile lors de la prise de vue, c'est-à-dire acquise entre deux sauts de l'aiguille. Cette approche, en association avec une bonne base de temps (horloge étalon ou horloge de référence), permet des mesures d'état d'une précision remarquable.

[0031] Dans le mode de réalisation du procédé, il y a plusieurs moyens de s'affranchir de l'incertitude liée au mouvement saccadé de l'aiguille des secondes comme notamment ceux indiqués ci-après. Préférentiellement, on peut déterminer l'instant d'un saut d'aiguille T_{tic} de manière optique, par exemple par acquisition d'une première série d'images. On capte ainsi la première série d'images avec une fréquence d'acquisition bien supérieure à la fréquence de saut de l'aiguille, par exemple de 80 ou 160 Hz pour une fréquence de saut de l'aiguille de 8 Hz, sur une durée d'au-moins une période de mouvement de l'aiguille. On trouve l'instant du saut par comparaison des images successives. La fréquence d'acquisition des images de la première série d'images est déterminante pour la résolution de mesure temporelle. Dans cette hypothèse, l'étape d'acquisition des données peut comprendre l'acquisition d'une première série d'images de l'organe d'affichage de l'heure, cette acquisition étant par exemple réalisée à une fréquence f_1 au moins 10 fois supérieure ou au moins 20 fois supérieure à la fréquence f_s de saut de l'organe d'affichage de l'heure.

[0032] Dans une première approche, l'étape de traitement des données comprend :

- la détermination et la sélection d'au moins une image de la première série d'images prise au moment d'un saut ou temporellement au plus proche d'un saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
- la détermination d'une première date T_{tic} associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure, comme étant par exemple la date de la prise de l'au moins une image de la première série d'images prise au moment d'un saut ou temporellement au plus proche d'un saut de l'organe d'affichage de l'heure et,
- optionnellement, la détermination d'une position de l'organe d'affichage de l'heure associée à cette première date.

[0033] Autrement dit, dans cette première approche, l'étape de traitement des données peut comprendre :

- la détermination et la sélection d'au moins deux images de la première série d'images prise au moment d'un saut ou temporellement au plus proche d'un saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
- la détermination d'une première date (T_{tic}) associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure par calcul en utilisant les dates de la prise des au moins deux images, notamment en déterminant l'instant de mise en mouvement de l'organe d'affichage de l'heure ou l'instant d'arrêt du mouvement de l'organe d'affichage de l'heure ou l'instant auquel la vitesse de l'organe d'affichage est maximale, et,
- optionnellement, la détermination d'une position de l'organe d'affichage de l'heure associée à cette première date.

[0034] L'étape de traitement des données comprend par exemple un traitement dans lequel les images successives de la première série d'images sont soustraites pixel par pixel pour chaque paire d'images successives, puis on calcule l'écart-type de cette différence et on recherche la valeur maximale de cet écart-type sur l'ensemble de la première série d'images pour déterminer l'instant du saut de l'aiguille des secondes. Cet instant T_{tic} peut être défini comme étant la date de la première image du couple d'images ayant conduit à la valeur maximale de cet écart-type, ou la date de la deuxième image, ou une moyenne de ces dates, ou toute autre date déterminée par interpolation et/ou pondération à partir des différentes images de la première série d'images.

[0035] En pratique, il est possible de réaliser une estimation de la vitesse de l'aiguille (par comparaison d'images successives) et de réaliser une interpolation pour déterminer l'instant où la vitesse de l'aiguille est maximale. Pour ce faire, il est possible :

- calculer les différences entre les images successives deux à deux, et
- interpoler autour de la plus grande différence pour déterminer l'instant où la vitesse est la plus grande, étant entendu que plus la différence entre deux images successives est grande, plus la vitesse de l'aiguille est grande.

[0036] La détermination de l'instant du saut T_{tic} peut être avantageusement réalisée en considérant plus que deux images, car la durée du saut peut être plus grande que le temps entre deux images successives, selon la fréquence d'acquisition choisie.

[0037] La position de l'aiguille peut être floue sur l'image correspondant à T_{tic} . Dans un autre cas de figure, l'instant du saut peut avoir lieu non pas pendant une prise d'image, mais entre deux images. Il est avantageux dans un tel cas d'utiliser une technique d'interpolation et/ou de pondération à partir des différentes images de la première série d'images. Dans cet esprit, l'étape de traitement des données peut comprendre :

- la détermination et la sélection d'au moins une première image de la première série d'images prise avant un saut et de préférence temporellement au plus proche du saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
- la détermination et la sélection d'au moins une deuxième image de la première série d'images prise après le saut et de préférence temporellement au plus proche du saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
- la détermination de la date T_{tic} associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure par calcul en utilisant la date de la prise de la première image et la date de la prise de la deuxième image, notamment en interpolant la date T_{tic} associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure à partir de la date de la prise de la première image et de la date de la prise de la deuxième image, en particulier en effectuant une moyenne de la date de la prise de la première image et de la date de la prise de la deuxième image.

[0038] Alternativement, l'instant T_{tic} du saut peut correspondre :

- au „milieu“ du saut, correspondant par exemple au moment où la vitesse de l'aiguille est maximale,
- au début du saut (instant de mise en mouvement de l'aiguille, par exemple),
- à la fin du saut (instant d'arrêt complet de l'aiguille, par exemple), ou
- à toute autre définition ;

pour autant que cette définition soit utilisée de façon cohérente sur tout le procédé.

[0039] De plus, la position de l'aiguille, correspondant à l'instant T_{tic} , pourrait être déterminée sur une autre image que celle(s) utilisée(s) pour la détermination de l'instant du saut, notamment sur une autre image permettant de distinguer nettement l'aiguille des secondes.

[0040] Il peut être intéressant de considérer séparément :

- les images d'une première série d'images permettant de déterminer l'instant du saut T_{tic} (sur lesquelles la position de l'aiguille des secondes peut être difficilement déterminable de manière précise), et
- une autre image permettant de déterminer la position de l'aiguille associée à ce saut de manière précise (mais n'offrant aucun élément permettant de dater précisément l'instant du saut).

[0041] Il est aussi possible de déterminer les instants des sauts d'aiguille au moyen d'une série d'images acquises par une caméra standard, à condition que les prises de ces images ne soient pas synchronisées avec les sauts d'aiguille, notamment par l'acquisition d'une première série d'images, par exemple 10 ou 20 ou 50 images prises sur une minute, de façon régulière ou périodique, ou en variante à des instants d'acquisition répartis de façon aléatoire. Cette approche a l'avantage de pouvoir être appliquée avec une caméra standard, sans acquisition à haute fréquence. Dans cette variante, l'étape d'acquisition des données peut comprendre l'acquisition d'une première série d'images de l'organe d'affichage de l'heure, cette acquisition étant par exemple réalisée pendant une durée telle que l'organe d'affichage de l'heure se trouve dans plusieurs positions stables successives, notamment dans plus de deux positions stables successives.

[0042] Il est aussi possible d'utiliser une seule image avec une vitesse d'obturation (temps de pose) correspondant à la durée d'une alternance (ou d'une période de déplacement de l'aiguille), qui comportera une image floue de l'aiguille, car l'aiguille aura bougé pendant l'acquisition de l'image. Avec une analyse d'image sur les niveaux de gris ou de l'intensité de la lumière sur un segment de l'aiguille, on peut déduire le temps passé dans la position précédant le saut et dans la position après le saut, respectivement, et ainsi déduire le moment du saut. Ainsi, l'étape d'acquisition des données peut

comprendre l'acquisition d'une image de l'organe d'affichage de l'heure pendant une durée durant laquelle il occupe deux positions successives stables, et l'étape de traitement des données peut comprendre:

- la détermination d'une première date Ttic associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure, entre les deux positions successives stables, par calcul en analysant les intensités apparentes de l'organe d'affichage sur l'image dans les deux positions successives stables.

[0043] Il est aussi possible d'utiliser un stroboscope dont la fréquence est réglée proche de la fréquence du mouvement de l'aiguille. On détecte alors des positions de l'aiguille des secondes espacées d'un pas (dont la durée correspondant à celle d'une alternance de l'oscillateur) jusqu'au point où le saut et l'éclairage sont synchronisés, ce qui se caractérise par une aiguille apparaissant „floue“ car étant en mouvement lors des flashes du stroboscope. On peut aussi utiliser une seule longue séquence vidéo (sur plusieurs secondes) sur laquelle on viendrait détecter les instants de saut d'aiguille.

[0044] Avec une première série d'images acquises à haute fréquence, l'incertitude résiduelle est de l'ordre de la moitié du temps entre deux images, et sera meilleure si on effectue une interpolation entre les images. Lors de certains essais, notamment en déterminant l'instant où l'aiguille a une vitesse maximale au moyen d'une interpolation, des écarts-types résiduels (répétabilité) inférieurs à 1 ms sur l'instant du saut d'aiguille (modulo l'intervalle de temps moyen entre deux sauts) ont été obtenus.

[0045] En alternative aux méthodes optiques, on peut aussi déterminer l'instant d'un saut d'aiguille de manière acoustique. On peut en effet capter un signal acoustique „tictac“ dont la période correspond à la durée des alternances de l'échappement (0.125 s pour un oscillateur ayant une fréquence de 4Hz). Ainsi, dans une telle hypothèse, l'étape d'acquisition des données comprend l'acquisition de données acoustiques et l'étape de traitement des données comprend la détermination d'une première date Ttic associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure. Cette première date Ttic peut ainsi être déterminée par traitement des données acoustiques. D'autres approches, comme une détection de l'instant du saut de l'aiguille de façon magnétique, ou par vibrométrie laser, ou par tout autre moyen de mesure adapté, sont également envisageables.

[0046] Avantagusement, l'étape d'acquisition des données comprend l'acquisition d'une deuxième série d'images de l'organe d'affichage de l'heure distincte de la première série d'images. De préférence encore, l'acquisition de la deuxième série d'images de l'organe d'affichage de l'heure est réalisée sur une durée pendant laquelle l'organe d'affichage de l'heure se trouve dans plusieurs positions stables successives.

[0047] Comme indiqué plus haut, on utilise comme temps de référence Ttic l'instant de début du saut détecté (auquel l'aiguille quitte sa position de repos), ou l'instant de milieu du saut (vitesse maximale de l'aiguille), ou l'instant de fin de saut. Le saut d'aiguille étant généralement très régulier, il est possible de l'extrapoler (sur la base de la fréquence nominale) sur quelques secondes pour le cas où l'acquisition du signal pour la détermination précise de la position de l'aiguille ne se fait pas simultanément à la détermination de l'instant du saut d'aiguille, et/ou si elle est réalisée par différents moyens (par exemple, elle est réalisée par deux caméras différentes, ou par la même caméra mais avec deux réglages différents - en termes de fréquence d'acquisition, zone du cadran captée, etc).

[0048] Connaissant l'instant du saut d'aiguille (et la fréquence nominale de saut d'aiguille), il est souhaitable de déclencher la prise d'image du cadran pour la détermination précise de la position de l'aiguille des secondes pendant les périodes où l'aiguille est immobile, c'est-à-dire entre les sauts. Alternativement, il est possible de prendre plusieurs images successives (deux ou plus) au cours d'une durée d'une période de déplacement de l'aiguille (ou de plusieurs périodes), puis de choisir, sur la base de l'instant du saut détecté, l'image sur laquelle l'aiguille est immobile. Ainsi, l'étape de traitement des données peut comprendre une identification d'images de la deuxième série d'images prises alors que l'organe d'affichage de l'heure est en mouvement et/ou sur lesquelles la position de l'organe d'affichage de l'heure ne peut pas être correctement identifiée, et l'exclusion de ces images de la deuxième série d'images.

[0049] Le calcul du temps de référence Tref (troisième date) est défini ci-après et en référence à la figure 3, avec

- Ttic (première date), l'instant du saut de l'aiguille des secondes déterminé sur la base de la première série d'images S1 Tr_0... Tr_x-2, Tr_x-1, Tr_x, Tr_x+1... ... Tr_i acquise à une fréquence d'acquisition f_hf,
- Ts (deuxième date), l'instant (mesuré) de la prise de l'image de l'aiguille des secondes (dans le cas de la figure 3, avant la première série d'images S1).

[0050] On calcule alors le nombre de sauts (ou „tics“) NbT (nombre réel non nécessairement entier) entre l'image acquise au temps Ts et l'instant du saut détecté Ttic par:

$$NbT = f_{sx}(Ttic - Ts)$$

où fs est la fréquence de saut de l'aiguille des secondes.

[0051] Tref est l'instant du saut qui précède la première image de l'aiguille des secondes et est obtenu comme suit:

$$T_{ref} = T_s + (NbT - [NbT]) / f_s$$

où $[NbT]$ est la partie entière supérieure du nombre de sauts d'aiguille („tics“), c'est-à-dire le nombre de sauts d'aiguille arrondi à l'unité supérieure.

[0052] On a ainsi calculé le nombre de sauts ayant eu lieu entre l'image de la deuxième série S2 correspondant à T_s , utilisée pour la détermination précise de la position de l'aiguille, et l'instant du saut T_{tic} détecté au cours de la première série d'images, sur la base de la fréquence nominale de l'oscillateur, et on en a déduit l'instant Tref du saut de l'aiguille des secondes qui a précédé l'image correspondant à T_s . Ce temps de référence Tref est alors associé à la position d'au moins l'aiguille des secondes sur l'image correspondant à T_s et est utilisé pour le calcul de la marche et/ou de l'état. L'étape de traitement des données peut ainsi comprendre l'utilisation d'une date ou de dates T_s associées à la prise de la deuxième série d'image(s), acquise avant, pendant ou après la première série d'images.

[0053] L'étape de traitement des données comprend avantageusement la détermination d'une deuxième ou de deuxièmes positions de l'organe d'affichage de l'heure associées aux images de la deuxième série d'images.

[0054] L'étape de traitement des données comprend de préférence le calcul d'une ou plusieurs dates de référence Tref associée(s) à un saut de l'organe d'affichage précédant, ou suivant, la date ou les deuxièmes dates T_s .

[0055] Dans le cas de figure où il s'avère que l'image sélectionnée pour la détermination de la position précise de l'aiguille a été prise pendant ou juste après un saut d'aiguille (tel que déterminé à partir de l'instant du saut au cours de la première série d'images), et donc que l'aiguille est floue, cette image est ignorée et le procédé est répété. Une alternative est de capter plusieurs images dont l'une comporte avec certitude une aiguille immobile, par exemple avec deux images espacées d'une demi-période de déplacement de l'aiguille (0.0625s pour une fréquence d'oscillateur de 8Hz), ou de 1,5 périodes de déplacement de l'aiguille (0.1875s) ou d'un peu plus de la durée d'un saut. Ainsi, plus généralement, la deuxième série d'images de l'organe d'affichage de l'heure peut comprendre au moins deux prises d'images séparées par un temps:

- supérieur à n périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure augmentées d'un temps de saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
- inférieur à n+1 périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure diminuées d'un temps de saut de l'organe d'affichage de l'heure,

avec n un nombre entier. Par exemple, n=0 ou n=1 ou n=2 ou n=3. Une autre alternative est, sur la base de la détermination de l'instant du saut, de choisir a posteriori de façon ciblée une image qui comportera une aiguille immobile pour la détermination de la position, par exemple par l'acquisition d'une image à (n+0,5) périodes de déplacement de l'aiguille après l'instant du saut détecté T_{tic} . Vu que l'instant d'un saut est connu avec précision, l'acquisition d'une image entre deux sauts est facilitée. Ainsi, plus généralement, la deuxième série d'images de l'organe d'affichage de l'heure peut comprendre (i) une seule prise d'image ou (ii) au moins une prise d'image séparée de l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure (1) par un temps:

- supérieur à n périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure augmentées d'un temps de saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
- inférieur à n+1 périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure diminuées d'un temps de saut de l'organe d'affichage de l'heure,

avec n un nombre entier. Par exemple, n=0 ou n=1 ou n=2 ou n=3.

[0056] En variante, l'horloge de référence peut être reliée à une horloge de référence métrologique reconnue, de façon directe et permanente, notamment en mettant en œuvre un protocole PTP (Precision Time Protocol). Ceci permet entre autres de connaître en tout temps l'incertitude sur la date de la prise d'image, ce qui n'est pas possible avec une horloge de référence utilisant un signal GPS pour lequel l'incertitude n'est pas connue.

[0057] Dans une variante du procédé de contrôle, on détecte l'instant du saut de l'aiguille par prise d'images à haute fréquence (première série d'images). L'étape d'acquisition de données relatives au fonctionnement du mouvement horloger 100 ou de la pièce d'horlogerie 200 peut alors comprendre deux étapes:

- une image du cadran complet est prise (deuxième série d'images) sur laquelle sera déterminée la position angulaire d'au moins l'aiguille des secondes par rapport à l'axe de référence (midi) de la pièce, puis
- quelques secondes plus tard, une première série d'images est prise à la fréquence choisie, par exemple 10 fois ou 20 fois la fréquence de saut d'aiguille, sur une zone restreinte autour de l'axe de rotation de l'aiguille des se-

condes, sur une durée couvrant au moins un saut d'aiguille. La durée de la première série d'images est choisie de préférence légèrement supérieure (par exemple 20% supérieure) à la période de déplacement de l'aiguille des secondes.

[0058] L'invention revendiquée n'est pas limitée aux modes et variantes décrites ci-dessus. En complément ou variante, on peut également:

- Mesurer ou calculer l'instant du saut avant la prise de la première image qui sert à déterminer la position de l'aiguille.
- Déterminer la position de l'aiguille des secondes sur différentes images successives associées à la même détection de l'instant du saut de l'aiguille, de façon à diminuer la dispersion de mesure.
- Déterminer la position de l'aiguille des secondes sur différentes prises d'état successives et indépendantes, de façon à diminuer la dispersion de mesure.
- Si le saut d'aiguille est détecté optiquement, combiner la détection du saut et de la position de l'aiguille des secondes sur une même série d'images, en choisissant pour la position de l'aiguille une image où l'aiguille est immobile.
- Prendre, au préalable à toute mesure, une série de photos à différentes distances du cadran, de façon à avoir des images nettes des différentes aiguilles et des différents éléments du cadran. En effet, les différences d'altitude entre ces différents éléments peuvent mener à un flou pénalisant pour les traitements.

[0059] La solution permet de dissocier la mesure de la position de l'aiguille et de l'instant du saut. Ceci permet de déterminer avec précision :

- d'une part, une position d'aiguille, et
- d'autre part, l'instant de saut précis associé à cette position.

[0060] Ces déterminations sont réalisées sur la base de mesures indépendantes, ce qui offre une meilleure précision qu'une simple prise de temps de référence à l'instant de la prise de l'image qui sert à mesurer la position des aiguilles.

[0061] Avec cette approche, il est possible d'obtenir une précision plus élevée sur des mesures de marche diurne, ou à l'inverse de raccourcir certaines mesures pour une précision équivalente, par exemple pour réaliser une épreuve comparable à celle de la norme ISO3159 mais avec des intervalles entre mesures d'état plus courts, ou encore de faire plusieurs mesures par jour sur des montres portées en situation réelle, au bras du porteur.

[0062] La solution décrite permet de mettre en œuvre une détermination précise de l'instant du saut de l'aiguille des secondes, qui est applicable quelle que soit la fréquence de l'oscillateur, notamment pour une fréquence de 3 Hz ou 3,5 Hz ou 4 Hz ou 5 Hz ou 6 Hz ou 8 Hz ou 10 Hz. Le gain sur la précision permet d'envisager de nouvelles approches de mesure, comme par exemple des temps de mesure plus courts et/ou des temps de mesure qui permettent une précision plus grande.

[0063] En toute généralité, le gain sur la précision est nécessaire:

- si le temps entre les prises d'état diminue (diminution du temps de mesure ou besoin d'efficacité de mesure), et/ou
- si l'exigence sur la précision augmente (diminution de l'intervalle de tolérance admissible pour la marche).

[0064] Le présent document décrit les approches et solutions développées pour réduire l'incertitude sur les mesures de marche par prises d'état. Des solutions sont apportées pour réduire les différentes incertitudes, notamment en déterminant précisément l'instant du saut de l'aiguille des secondes. La solution améliore nettement la précision sur l'état.

[0065] Antérieurement, il était habituel que l'heure de référence corresponde à un instant de la prise d'image. Cependant, il apparaît avec les solutions décrites qu'il est possible d'adopter une approche alternative pour augmenter la précision de mesure (notamment en déterminant l'instant du saut, et en acquérant optionnellement plusieurs images).

[0066] Le procédé de contrôle chronométrique peut être utilisée sur divers équipements et sur des configurations de montre variées (montres de petit diamètre, chronographes, sans contrainte sur les designs de cadran).

[0067] L'invention porte aussi sur un procédé de production ou de réglage de la pièce d'horlogerie 200 ou du mouvement horloger 100. Le procédé comprenant une étape de mise en œuvre du procédé de contrôle chronométrique décrit précédemment.

[0068] Le procédé de production ou de réglage comprend de préférence au moins une étape de réglage, notamment une étape de réglage dépendante d'un écart de marche entre une valeur cible et une valeur mesurée ou déterminée par mise en œuvre du procédé de contrôle chronométrique décrit précédemment.

[0069] L'invention porte aussi sur le mouvement horloger 100 ou sur la pièce d'horlogerie 200 obtenus par la mise en œuvre du procédé de réglage objet de l'invention.

[0070] L'invention porte encore sur le dispositif 10 de contrôle chronométrique ou de certification chronométrique d'une pièce d'horlogerie 200 ou d'un mouvement horloger 100. Le dispositif 10 comprend des éléments matériels 11, 12, 13, 14 et/ou logiciels mettant en œuvre les procédés décrits précédemment.

[0071] Dans un mode de réalisation du dispositif, représenté de manière schématique à la figure 4, les éléments matériels peuvent comprendre notamment :

- une caméra 11,
- une horloge de référence 12,
- une unité logique de traitement 13,
- une mémoire 15, et
- éventuellement, un microphone ou autre instrument de mesure 14.

[0072] Les éléments matériels peuvent être portatifs. En particulier, l'ensemble des éléments matériels ou le dispositif peut être portatif.

[0073] Le dispositif peut être ou comprendre :

- un téléphone, et/ou
- un smartphone, et/ou
- une tablette, et/ou
- un ordinateur comme un ordinateur portable.

[0074] Quel que soit le mode d'exécution ou la variante, l'étape d'acquisition de données relatives au fonctionnement du mouvement horloger 100 ou de la pièce d'horlogerie 200 peut comprendre l'acquisition d'un signal vidéo ou d'un flux vidéo (produit par la caméra) associé à des données de l'horloge de référence permettant de dater toutes les images ou certaines des images du signal vidéo ou du flux vidéo.

[0075] Dans tout ce document, sauf précision contraire, les adjectifs numéraux ordinaux „premier“, „deuxième“, „troisième“ n'ont pas un sens temporel, mais un sens distinctif.

Revendications

1. Procédé de contrôle chronométrique ou de certification chronométrique d'un mouvement horloger (100) ou d'une pièce d'horlogerie (200), notamment procédé de calcul d'un état chronométrique, comprenant une étape d'acquisition de données relatives au fonctionnement du mouvement horloger (100) ou de la pièce d'horlogerie (200), cette étape comprenant deux prises d'images séparées par un temps:
 - supérieur à n périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure augmentées d'un temps de saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
 - inférieur à $n+1$ périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure diminuées d'un temps de saut de l'organe d'affichage de l'heure,
 - par exemple un temps de $n+0.5$ périodes de déplacement de l'organe d'affichage de l'heure, avec n un nombre entier.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que :
 - le procédé comprend une étape de traitement des données de sorte à déterminer un instant de saut d'un organe d'affichage de l'heure (1), notamment d'une aiguille des secondes (1), du mouvement horloger (100) ou de la pièce d'horlogerie (200), et/ou
 - l'étape d'acquisition des données comprend l'acquisition de données acoustiques et/ou magnétiques et/ou optiques, et l'étape de traitement des données comprend la détermination d'une première date (T_{tic}) associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape d'acquisition des données comprend l'acquisition d'une première série d'images de l'organe d'affichage de l'heure, cette acquisition étant notamment:
 - réalisée à une fréquence (f1) au moins 10 fois supérieure ou au moins 20 fois supérieure à la fréquence (fs) de saut de l'organe d'affichage de l'heure, et/ou
 - réalisée pendant une durée telle que l'organe d'affichage de l'heure se trouve dans plusieurs positions stables successives, notamment dans deux positions stables successives.
4. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend:
 - la détermination et la sélection d'au moins une image de la première série d'images prise au moment d'un saut ou temporellement au plus proche d'un saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
 - la détermination d'une première date (Ttic) associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure comme étant la date de la prise de l'au moins une image de la première série d'images prise au moment d'un saut ou temporellement au plus proche d'un saut de l'organe d'affichage de l'heure et,
 - optionnellement, la détermination d'une position de l'organe d'affichage de l'heure associée à cette première date.
5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend:
 - la détermination et la sélection d'au moins deux images de la première série d'images prise au moment d'un saut ou temporellement au plus proche d'un saut de l'organe d'affichage de l'heure, et
 - la détermination d'une première date (Ttic) associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure par calcul en utilisant les dates de la prise des au moins deux images, notamment en déterminant l'instant de mise en mouvement de l'organe d'affichage de l'heure ou l'instant d'arrêt du mouvement de l'organe d'affichage de l'heure ou l'instant auquel la vitesse de l'organe d'affichage est maximale, et,
 - optionnellement, la détermination d'une position de l'organe d'affichage de l'heure associée à cette première date.
6. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'étape d'acquisition des données comprend l'acquisition d'une image de l'organe d'affichage de l'heure pendant une durée durant laquelle il occupe deux positions successives stables et en ce que l'étape de traitement des données comprend:
 - la détermination d'une première date (Ttic) associée à l'instant de saut de l'organe d'affichage de l'heure, entre les deux positions successives stables, par calcul en analysant les intensités apparentes de l'organe d'affichage sur l'image dans les deux positions successives stables, et,
 - optionnellement, la détermination d'une position de l'organe d'affichage de l'heure associée à cette première date.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape d'acquisition des données comprend l'acquisition d'une deuxième série d'images de l'organe d'affichage de l'heure, notamment distincte de la première série d'images, la deuxième série d'images incluant deux prises d'images séparées de l'étape d'acquisition de données relatives au fonctionnement du mouvement horloger (100) ou de la pièce d'horlogerie (200).
8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'acquisition de la deuxième série d'images de l'organe d'affichage de l'heure est réalisée sur une durée pendant laquelle l'organe d'affichage de l'heure se trouve dans plusieurs positions stables successives.
9. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend l'identification d'images de la deuxième série d'images prises alors que l'organe d'affichage de l'heure est en mouvement et/ou sur lesquelles la position de l'organe d'affichage de l'heure ne peut pas être correctement identifiée, et l'exclusion de ces images de la deuxième série d'images.
10. Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend la détermination d'une deuxième ou de deuxièmes positions de l'organe d'affichage de l'heure associées aux images de la deuxième série d'images.
11. Procédé selon l'une des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend l'utilisation d'une deuxième date ou de deuxièmes dates (Ts) associées à la prise des images de la deuxième série d'images.
12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend le calcul d'une troisième date ou de troisièmes dates (Tref) associée à un saut de l'organe d'affichage précédant ou suivant la deuxième date ou les deuxièmes dates (Ts).
13. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de traitement des données comprend un calcul de marche et/ou un calcul d'état utilisant la ou les troisièmes dates de saut (Tref) ou au moins un instant de saut déduit de la ou les troisièmes dates (Tref).
14. Dispositif (10) de contrôle chronométrique ou de certification chronométrique d'une pièce d'horlogerie (200) ou d'un mouvement horloger (100), comprenant des éléments matériels (11, 12, 13, 14, 15) et/ou logiciels mettant en œuvre le procédé selon l'une des revendications précédentes.
15. Procédé de production ou de réglage d'une pièce d'horlogerie (200) ou d'un mouvement horloger (100), le procédé comprenant une étape de mise en œuvre du procédé de contrôle chronométrique selon l'une des revendications 1 à 13.

CH 720 883 A2

16. Procédé de production ou de réglage selon la revendication précédente, le procédé comprenant au moins une étape de réglage, notamment une étape de réglage dépendante d'un écart de marche entre une valeur cible et une valeur mesurée.
17. Pièce d'horlogerie (200), notamment montre-bracelet, ou mouvement horloger (100) obtenu par la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 15 et 16.
18. Produit programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support de données lisible par un ordinateur et/ou exécutable par un ordinateur, caractérisé en ce en ce qu'il comprend des instructions qui, lorsque le programme est exécuté par l'ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13.
19. Support d'enregistrement (15) lisible par ordinateur comprenant des instructions qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13.
20. Signal d'un support de données, portant le produit programme d'ordinateur selon la revendication 18.

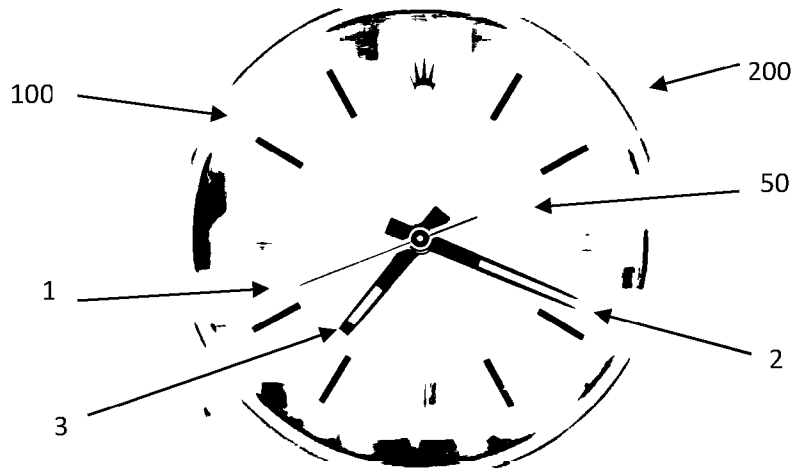


Fig. 1

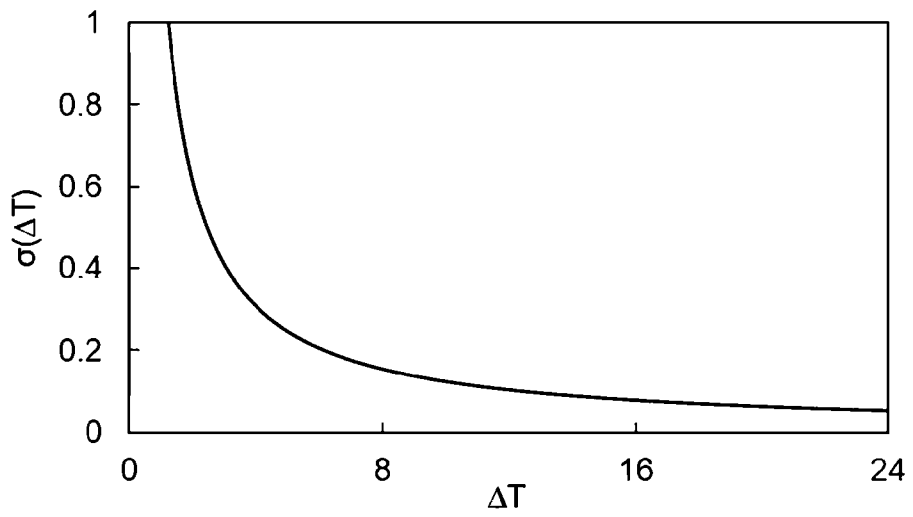


Fig. 2

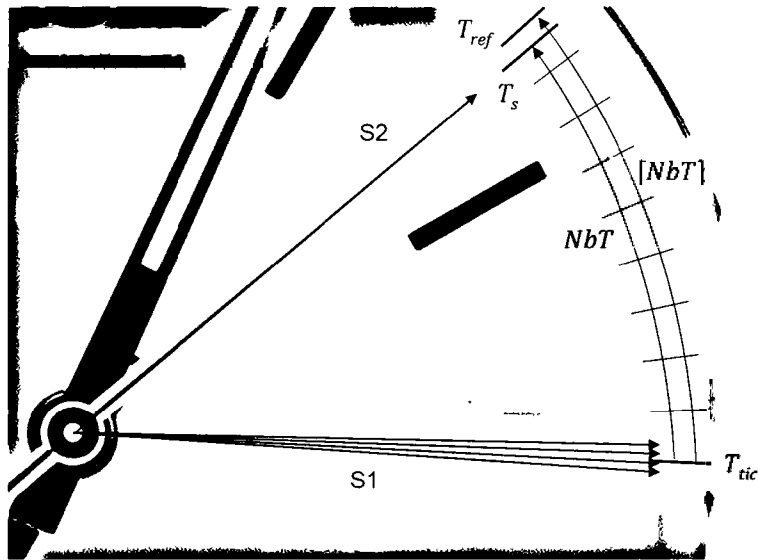
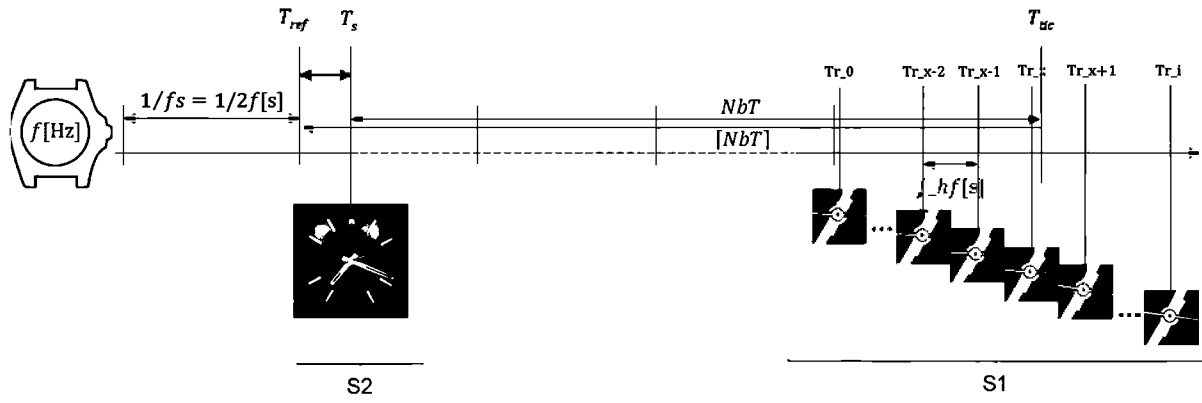


Fig. 3

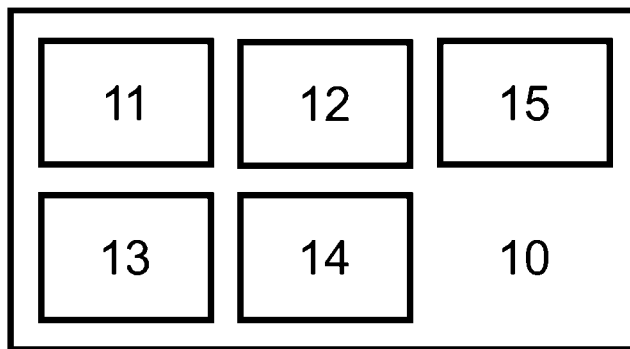


Fig. 4