



(11)

**EP 3 627 243 A1**

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**25.03.2020 Bulletin 2020/13**

(51) Int Cl.:  
**G04G 5/02<sup>(2006.01)</sup> G04D 7/12<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Numéro de dépôt: **18195819.0**

(22) Date de dépôt: **20.09.2018**

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

Etats d'extension désignés:  
**BA ME**

Etats de validation désignés:  
**KH MA MD TN**

(71) Demandeur: **ETA SA Manufacture Horlogère Suisse**  
**2540 Grenchen (CH)**

(72) Inventeurs:  
• **KLOPFENSTEIN, François**  
**2800 Delémont (CH)**  
• **STEHLIN, Xavier**  
**1588 Cudrefin (CH)**

(74) Mandataire: **ICB SA**  
**Faubourg de l'Hôpital, 3**  
**2001 Neuchâtel (CH)**

(54) **PROCEDE DE REGLAGE DE LA FREQUENCE MOYENNE D'UNE BASE DE TEMPS INCORPOREE DANS UNE MONTRE ELECTRONIQUE**

(57) L'invention concerne un procédé de détermination d'un paramètre constant d'une valeur d'inhibition, pour le réglage d'une fréquence moyenne de marche d'une montre équipée d'un oscillateur à quartz, qui comprend les étapes suivantes, exécutées par un circuit d'auto-calibration du dispositif électronique de la montre :

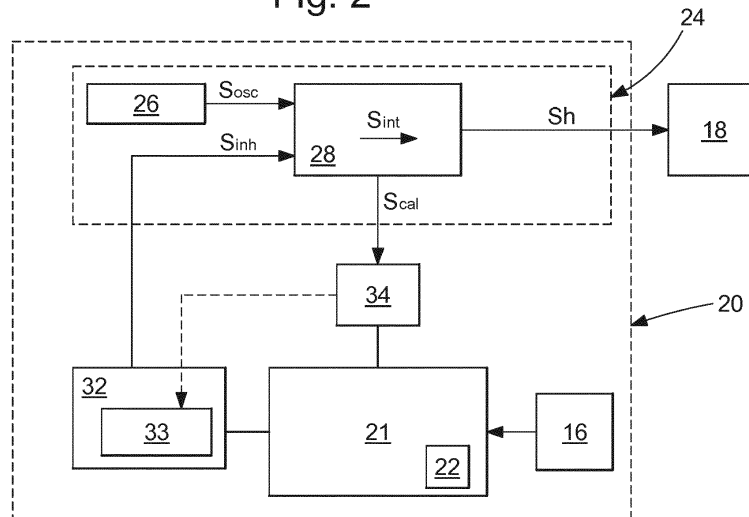
- à partir d'un premier top externe et d'un deuxième top externe reçus d'un système externe à la montre et distants d'une durée de mesure, correspondant à un nombre de référence de périodes de référence pour un signal

périodique de calibration ( $S_{cal}$ ) dérivé du signal de mesure du temps ( $S_{osc}$ ) et ayant une fréquence de calibration dérivée de la fréquence propre de l'oscillateur à quartz, déterminer un paramètre de calibration représentatif d'un rapport entre une période de calibration et une période de référence pour le signal périodique de calibration, et

- déterminer une valeur du paramètre d'inhibition constant en fonction du paramètre de calibration.

L'invention concerne également un dispositif électronique associé.

Fig. 2



**EP 3 627 243 A1**

**Description**Domaine technique

5 **[0001]** L'invention concerne le domaine des montres électroniques et plus précisément un procédé de réglage de la fréquence moyenne d'une base de temps incorporée dans une montre électronique.

Arrière-plan technologique

10 **[0002]** Les mouvements horlogers électroniques comprennent en général une base de temps interne fournissant un signal temporel formé d'impulsions de marche périodiques et un dispositif d'affichage recevant ce signal temporel. La base de temps interne comprend de manière connue un oscillateur et un circuit d'horloge. L'oscillateur, par exemple un oscillateur à quartz, est agencé pour fournir un signal périodique  $S_{osc}$  de mesure du temps ayant la dite fréquence propre  $F_{osc}$ . Le circuit d'horloge est agencé pour produire un signal d'horloge  $Sh$  ayant la fréquence moyenne de marche

15  $F_{hor}$  de la montre à partir du signal de mesure du temps produit par l'oscillateur. Le circuit d'horloge est par exemple un circuit diviseur de fréquence, formé le plus souvent par une chaîne de diviseurs, généralement de diviseurs par deux. Dans un exemple numérique, la fréquence de consigne  $F_{hor}^*$  pour un signal d'horloge  $Sh$  produit par une base de temps interne dans une montre électronique est  $F_{hor}^* = 8'192$  Hz, à savoir le quart de la fréquence de consigne  $F_{osc}^* = 2^{15} = 32'768$  Hz pour un oscillateur à quartz incorporé dans la base de temps interne.

20 **[0003]** En production industrielle, il est toutefois difficile de produire en série des oscillateurs pour montres électroniques ayant tous une fréquence propre bien définie permettant d'obtenir, en sortie de la base de temps, un signal d'horloge dont la fréquence de marche atteint les niveaux de précision recherchés de plus en plus élevés, aujourd'hui de l'ordre de 5 s/y, voire moins pour les bases de temps très précises.

**[0004]** Aussi, il est connu de réaliser des oscillateurs produisant, au terme de la phase de fabrication, un signal temporel d'une fréquence propre réelle  $F_{osc}$  dans une plage de fréquence légèrement supérieure à la fréquence de consigne souhaitée, par exemple  $F_{osc} = 32'771$  Hz ou  $32'772$  Hz pour une fréquence de consigne  $F_{osc}^* = 32'768$  Hz, puis d'ajuster au mieux le signal d'horloge généré par la base de temps en associant à cette base de temps un circuit de réglage de la fréquence. De manière connue, un circuit de réglage fournit au circuit d'horloge un signal d'inhibition qui agit de manière à supprimer, à un certain niveau du diviseur, un nombre de périodes d'un signal interne  $S_{int}$  au circuit

25 d'horloge au cours de périodes d'inhibition successives, par exemple de durée de l'ordre de quelques secondes à quelques minutes, pour corriger en moyenne la fréquence de marche  $F_{hor}$  du signal produit par la base de temps interne de la montre.

**[0005]** Le nombre de périodes à supprimer dans le signal périodique interne par période d'inhibition  $C_{inh}$  correspond à une valeur d'inhibition  $V_{inh}$  déterminée individuellement pour chaque oscillateur. Dans le cas d'un oscillateur non thermo-compensé, la valeur d'inhibition est constante, indépendante de la température. Dans le cas d'un oscillateur thermo-compensé, la valeur d'inhibition tient compte de la température dans la montre et est donnée par une relation mathématique telle que :

30

35

$$40 \quad V_{inh}(T) = a \cdot T^4 + b \cdot T^3 + c \cdot T^2 + d \cdot T + e$$

où  $T$  est la température mesurée par un capteur agencé dans la montre proche de l'oscillateur à quartz et où  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$  sont des coefficients du polynôme susmentionné qui sont stockés dans une mémoire. A des instants prédéfinis, par exemple à chaque période ou cycle d'inhibition, le circuit de réglage actualise la valeur d'inhibition en fonction de la

45 température puis agit pour supprimer un nombre de périodes correspondant dans la génération d'un signal interne prédéfini du circuit d'horloge.

**[0006]** De manière classique, un équipement de mesure et de programmation spécialisé est utilisé pour déterminer une déviation de la fréquence de marche de la montre par rapport à une fréquence de consigne fournie par une horloge externe et pour programmer la valeur d'inhibition dans le dispositif électronique de la montre. Un tel équipement de

50 mesure et de programmation est toutefois particulièrement onéreux et demande actuellement un accès à une liaison résistive du dispositif électronique ou un contact électrique avec le dispositif électronique.

Résumé de l'invention

55 **[0007]** L'invention vise à apporter une solution techniquement simple et donc peu onéreuse pour le réglage de la fréquence moyenne de marche de montres électroniques, et plus précisément pour le calcul de la valeur d'inhibition associée à chaque montre électronique. Plus concrètement, l'invention propose un nouveau procédé d'auto-calibration consistant, pour le dispositif électronique de la montre, à déterminer par ses propres moyens un paramètre constant de

la valeur d'inhibition.

**[0008]** Par paramètre constant, on entend dans le cadre de l'invention un paramètre de la valeur d'inhibition qui est indépendant de la température. Dans le cas d'une base de temps qui n'est pas thermo-compensée et dont la valeur d'inhibition est définie par une valeur constante déterminée pour la montre électronique en question, le paramètre constant est cette valeur d'inhibition. Dans le cas d'une base de temps thermo-compensée et dont la valeur d'inhibition est définie par une relation mathématique en fonction de la température, le paramètre constant est le coefficient ou terme constant de cette relation mathématique.

**[0009]** A cet effet, l'invention propose un procédé de détermination d'un paramètre constant d'une valeur d'inhibition, ou paramètre d'inhibition constant, pour le réglage d'une fréquence moyenne de marche Fhor d'une montre électronique comprenant un dispositif électronique comprenant :

- une base de temps interne comprenant un oscillateur de mesure du temps et un circuit d'horloge, l'oscillateur de mesure du temps ayant une fréquence propre Fosc et étant agencé pour fournir un signal périodique de mesure du temps Sosc ayant la fréquence propre Fosc, le circuit d'horloge étant agencé pour recevoir le signal de mesure du temps Sosc et pour fournir un signal d'horloge Sh ayant la fréquence moyenne de marche Fhor,
- un circuit de réglage de la fréquence moyenne de marche Fhor comportant une mémoire stockant au moins le dit paramètre d'inhibition constant, le circuit de réglage étant agencé pour inhiber, par période d'inhibition prédéfinie et en fonction d'au moins le paramètre d'inhibition constant, une ou plusieurs périodes dans la génération d'un signal périodique interne Sint au circuit d'horloge intervenant dans la génération du signal d'horloge Sh de manière que la fréquence moyenne de marche soit plus précise, le signal périodique interne étant dérivé du signal de mesure du temps,

le procédé de détermination du paramètre d'inhibition constant étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes, consistant à :

- ET1 : à partir d'un premier top externe et d'un deuxième top externe reçus d'un système externe à la montre et distants d'une durée de mesure Tm correspondant à un nombre de référence Nref de périodes de référence Pref pour un signal périodique de calibration Scal dérivé du signal de mesure du temps Sosc et ayant une fréquence de calibration Fcal dérivée de la fréquence propre Fosc, déterminer un paramètre de calibration M représentatif d'un rapport entre une période de calibration Pcal égale à l'inverse de la fréquence de calibration Fcal et la période de référence Pref,
- ET2 : déterminer une valeur du paramètre d'inhibition constant en fonction du paramètre de calibration.

**[0010]** Ainsi, avec le procédé de l'invention, la détermination du paramètre constant de la valeur d'inhibition (aussi nommé "paramètre d'inhibition constant") se fait essentiellement à l'intérieur de la montre et avec les moyens matériels de la montre, les seuls éléments extérieurs de la montre nécessaires à la mise en oeuvre de l'invention étant deux tops d'une horloge de référence externe et des moyens de transmission des deux tops à la montre. Des moyens existants tels qu'un smartphone ou une constellation de satellites sont tout à fait appropriés pour cela et facilement accessibles. Le calibrage du circuit de réglage de la montre peut ainsi être réalisé facilement en sortie de fabrication et même être répété facilement au fil de l'utilisation de la montre si nécessaire. De plus, dans la mesure où la mise en oeuvre du procédé nécessite seulement la fourniture de deux tops externes à la montre, il est possible de calibrer simultanément le circuit de réglage de plusieurs montres, en envoyant les deux tops externes simultanément à un grand nombre de montres, ce qui est particulièrement intéressant en sortie de fabrication.

**[0011]** Le procédé selon l'invention peut être mis en oeuvre aussi bien pour une première détermination du paramètre constant d'inhibition, typiquement en sortie de chaîne de fabrication de la montre, ou bien ultérieurement par exemple lors d'un entretien ou d'une réparation de la montre.

**[0012]** Le premier top externe et le deuxième top externe reçus par le circuit de calibration sont fournis par un système externe, comme par exemple une horloge de référence externe à la montre ou un dispositif externe à la montre comprenant ou couplé à une horloge de référence externe, Le premier top externe et le deuxième top externe donnent ainsi à la montre une valeur précise de la durée de mesure.

**[0013]** Le paramètre de calibration de la montre, déterminé à l'étape ET1, est représentatif d'une période Pcal du signal de calibration relativement à la période de référence Pref pour ce signal de calibration et est ainsi représentatif, si le signal de calibration n'a pas subi d'inhibition dans sa génération depuis le signal de mesure du temps, d'une période Posc du signal de mesure du temps relativement à une période de consigne correspondante Posc\*. En particulier, le paramètre de calibration est égal au rapport Pcal / Pref entre une période du signal de calibration et une période de référence correspondante.

**[0014]** Le paramètre de calibration déterminé à l'étape ET1 permet de calculer une valeur de calibration Vcal = (1 - M)·Cinh / Pint où M est le paramètre de calibration donné par l'égalité M = Pcal / Pref, Pint est la période du signal

## EP 3 627 243 A1

périodique interne, non inhibé ou inhibé (dans ce dernier cas il s'agit d'une période moyenne), ou une période de consigne pour ce signal périodique interne, et  $C_{inh}$  est la période d'inhibition prévue.

**[0015]** Selon que le signal périodique de calibration est dérivé du signal périodique interne inhibé ou non, la valeur de calibration  $V_{cal}$  est respectivement soit une valeur de correction de la valeur d'inhibition et elle permet de corriger le paramètre d'inhibition constant, soit une valeur instantanée pour la valeur d'inhibition et elle permet de déterminer le paramètre d'inhibition constant.

**[0016]** En général, le paramètre d'inhibition constant est :

- en l'absence de thermo-compensation, la valeur d'inhibition ; ou
- un coefficient constant d'une relation mathématique calculant la valeur d'inhibition en fonction de la température.

**[0017]** En l'absence de thermo-compensation pour l'oscillateur, la valeur d'inhibition est constante et on peut distinguer deux cas. Dans un premier cas où le signal périodique de calibration n'a pas subi d'inhibition dans sa génération depuis le signal de mesure du temps, la valeur d'inhibition actualisée est la valeur de calibration  $V_{cal}$ . La valeur de calibration  $V_{cal}$  définit donc une valeur de remplacement pour la valeur d'inhibition. Dans un deuxième cas où le signal périodique de calibration est dérivé du signal périodique interne inhibé, la valeur de calibration  $V_{cal}$  est alors une valeur de correction de la valeur d'inhibition initiale de sorte que la valeur d'inhibition actualisée est égale à l'addition de la valeur d'inhibition initiale et de la valeur de calibration (on notera que, dans ce deuxième cas, la valeur de calibration peut être positive ou négative).

**[0018]** Dans le cas d'un oscillateur thermo-compensé, la valeur de calibration  $V_{cal}$  susmentionnée permet de déterminer ou de corriger le coefficient constant  $e$  d'une relation mathématique pour la valeur d'inhibition  $V_{inh}(T) = f(T) + e$  de la manière suivante : Dans un premier cas où le signal périodique de calibration n'a pas subi d'inhibition dans sa génération depuis le signal de mesure du temps, la valeur de calibration  $V_{cal}$  est une valeur instantanée pour  $V_{inh}(T)$ , c'est-à-dire une valeur d'inhibition actualisée pour une température actuelle  $T_{cur}$  mesurée par un capteur de température agencé dans la montre lors de la mise en oeuvre du procédé selon l'invention. Ainsi  $V_{cal} = V_{inh}(T_{cur}) = f(T_{cur}) + e_1$  où  $e_1$  est le coefficient d'inhibition constant actualisé. Dans une première variante, on calcule une valeur  $V_{init}(T_{cur})$  qui est une valeur d'inhibition initiale calculée par la relation  $V_{init}(T_{cur}) = f(T_{cur}) + e_0$  où  $e_0$  est le coefficient d'inhibition constant précédemment mémorisé (c'est-à-dire la valeur initiale de ce coefficient). Ensuite, on effectue le calcul  $V_{cor} = V_{cal} - V_{init}(T_{cur}) = e_1 - e_0$ . Ainsi,  $V_{cor}$  est une valeur de correction pour le coefficient d'inhibition constant et on obtient une valeur actualisée / valeur de remplacement  $e_1 = V_{cor} + e_0$  pour le coefficient d'inhibition constant. Dans une deuxième variante, on peut calculer seulement  $f(T_{cur})$  et on obtient ainsi la valeur de remplacement  $e_1 = V_{cal} - f(T_{cur})$  pour le coefficient d'inhibition constant. Dans un deuxième cas où le signal périodique de calibration est dérivé du signal périodique interne inhibé, la valeur de calibration  $V_{cal}$  est alors une valeur de correction instantanée pour  $V_{inh}(T)$ . En effet, dans ce cas, la valeur de calibration  $V_{cal} = V_{inh}(T_{cur}) - V_{init}(T_{cur}) = e_1 - e_0$ , et  $e_1 = V_{cal} + e_0$ .

**[0019]** Ainsi, dans le cas d'un oscillateur thermo-compensé, le paramètre de calibration déterminé à l'étape ET1 du procédé permet de déterminer un offset qui permet de corriger le terme ou coefficient constant  $e$  de la relation mathématique donnant la valeur d'inhibition en fonction de la température.

**[0020]** Dans le cas où le signal périodique de calibration est dérivé du signal périodique interne qui subit l'inhibition, le procédé selon l'invention peut également comprendre une étape initiale ET0 consistant à désactiver le circuit de réglage du dispositif électronique pour que le signal interne soit momentanément non inhibé. Cette étape préliminaire évite, pour le calcul du paramètre d'inhibition constant lors de l'étape ET2, de tenir compte d'un paramètre d'inhibition constant précédemment mémorisé et des zones temporelles où il intervient ou de la période d'inhibition. L'étape ET2 est ainsi réalisée plus facilement et plus rapidement, du fait que le signal de calibration est alors régulier est donc plus facile à traiter.

**[0021]** Selon un mode de mise en oeuvre du procédé selon l'invention, l'étape ET1 comprend les étapes suivantes, consistant à :

- ET1A1 : entre le premier top externe et le deuxième top externe, compter un nombre  $C_a$  de périodes du signal de calibration, et
- ET1A2 : calculer le paramètre de calibration en divisant le nombre de référence  $N_{ref}$  par le nombre de périodes comptées  $C_a$ .

**[0022]** Dans ce mode de réalisation, la mesure du décalage entre la période du signal de calibration et la période de référence fournie par l'horloge de référence est produite directement à partir du signal de calibration. Les moyens techniques nécessaires à la mise en oeuvre, en l'occurrence un unique compteur agencé pour compter les périodes du signal de calibration, sont suffisants pour permettre d'obtenir la précision recherchée, comme on le verra mieux plus loin.

**[0023]** Selon un autre mode de mise en oeuvre du procédé selon l'invention, l'étape ET1 comprend les étapes suivantes, consistant à :

## EP 3 627 243 A1

- ET1B1 : compter, entre le premier top externe et le deuxième top externe, un premier nombre Cb1 de périodes d'un signal HF haute fréquence,
- ET1B2 : compter un deuxième nombre Cb2 de périodes du signal HF, entre un troisième top interne et un quatrième top interne distants d'une durée de calibration Tcal correspondant au nombre de référence Nref de périodes du signal de calibration Pcal, et
- ET1B3 : calculer le paramètre de calibration en divisant le deuxième nombre compté Cb2 par le premier nombre compté Cb1.

**[0024]** Dans ce mode de réalisation, un signal HF haute fréquence est utilisé pour mesurer le décalage entre la période du signal de calibration et la période de référence fournie par l'horloge de référence. Les moyens techniques nécessaires à la mise en oeuvre, en l'espèce un générateur haute fréquence et un compteur, sont ainsi un peu plus conséquents, mais ils permettent d'obtenir plus rapidement un résultat à la précision souhaitée, comme cela sera détaillé plus loin.

**[0025]** Selon encore un autre mode de mise en oeuvre du procédé selon l'invention, l'étape ET1 comprend les étapes suivantes, consistant à :

- ET1C1 : déterminer la durée réelle Phf d'une période d'un signal HF haute fréquence, généré par un générateur HF interne à la montre électronique, entre deux tops fournis par la base de temps interne ou le système externe,
- ET1C2 : entre le premier top externe et un front actif du signal de calibration suivant le premier top externe, compter un premier nombre Cc1 de périodes du signal HF, et en déduire un premier décalage temporel T1 entre le premier top externe et le front actif du signal de calibration suivant le premier top externe ( $T1 = Phf \times Cc1$ ),
- ET1C3 : entre le premier top externe et le deuxième top externe, compter un nombre Cc2 de périodes du signal de calibration Pcal,
- ET1C4 : entre le deuxième top externe et un front actif du signal de calibration suivant le deuxième top externe, compter un deuxième nombre Cc3 de périodes du signal HF, et en déduire un deuxième décalage T3 temporel entre le deuxième top externe et le front actif du signal de calibration suivant le deuxième top externe ( $T3 = Phf \times Cc3$ ),
- ET1C5 : déterminer le paramètre de calibration M par la relation  $M = ((Tm - T1 + T3) / Cc2) / Pref$  où Tm est la durée de mesure entre le premier top externe et le deuxième top externe, T1 est le premier décalage temporel, T3 est le deuxième décalage temporel, Cc2 est le nombre de périodes du signal de calibration comptées pendant la durée de mesure au cours de l'étape ET1C3 et Pref est la période de référence pour le signal de calibration.

**[0026]** Dans une variante, l'étape ET1C1 peut comprendre les sous-étapes suivantes, consistant à :

- ET1C11 : mesurer une durée de test en comptant un nombre de test N0 de périodes du signal de calibration, et produire un cinquième top de test et un sixième top de test en début et en fin de mesure de la durée de test,
- ET1C12 : entre le cinquième top de test et le sixième top de test produits lors de l'étape ET1C11, compter un troisième nombre Cc4 de périodes du signal HF, et
- ET1C13 : calculer la durée Phf de la période du signal HF par la relation  $Phf = Pref \times N0 / Cc4$ , où Pref est la durée d'une période de référence, N0 est le nombre de test et Cc4 est le troisième nombre compté lors de l'étape ET1C12.

**[0027]** L'invention concerne également un dispositif électronique pour une montre, dispositif électronique adapté pour la mise en oeuvre d'un procédé tel que décrit ci-dessus. Le dispositif électronique est caractérisé en ce que, en complément de la base de temps et du circuit de réglage décrits ci-dessus, il comprend également un circuit d'auto-calibration agencé pour, à partir d'un premier top externe et d'un deuxième top externe reçus d'un système externe et distants d'une durée de mesure Tm correspondant à un nombre de référence Nref de périodes de référence Pref pour un signal périodique de calibration Scal dérivé du signal de mesure du temps Sosc et ayant une fréquence de calibration Fcal égale à la fréquence propre ou à une fraction prédéterminée de la fréquence propre, déterminer un paramètre de calibration représentatif d'un rapport entre une période de calibration égale à l'inverse de la fréquence de calibration et la période de référence, puis déterminer une valeur du paramètre d'inhibition constant en fonction du paramètre de calibration, de la période de référence et de la période d'inhibition prédéfinie.

**[0028]** Des caractéristiques additionnelles du procédé de détermination d'un paramètre constant d'une valeur d'inhibition selon l'invention et du dispositif électronique selon l'invention sont mentionnées dans les revendications dépendantes et peuvent être prises seules ou selon toutes les combinaisons possibles.

**[0029]** Comme cela sera détaillé plus loin dans la description, l'invention peut être mise en oeuvre simplement en utilisant des dispositifs électroniques déjà présents dans une montre, les seuls éléments externes indispensables étant deux tops qui doivent être fournis à la montre par une base de temps externe de référence. Ainsi, l'invention est particulièrement avantageuse car elle nécessite très peu de moyens pour sa mise en oeuvre.

Brève description des figures

**[0030]** L'invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide des dessins annexés, donnés à titre d'exemples nullement limitatifs, dans lesquels :

- La figure 1 représente une vue en perspective d'une montre électronique et d'un appareil électronique utilisé pour mettre en oeuvre un procédé selon l'invention,
- La figure 2 représente un schéma fonctionnel d'un dispositif électronique d'une montre selon la figure 1,
- Les figures 3 à 5 représentent des chronogrammes représentatifs de modes de mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

Description détaillée de l'invention

**[0031]** En référence à la figure 1, la montre électronique 10 comprend un dispositif d'affichage 18 de l'heure, dans l'exemple représenté un dispositif d'affichage de type analogique comportant des aiguilles entraînées par un moteur pas à pas (non représenté). En variante, le dispositif d'affichage peut être du type numérique.

**[0032]** La montre comprend également un dispositif électronique 20 comprenant un récepteur de signaux 16. Le récepteur de signaux 16 est configuré pour communiquer avec un système externe 12. La communication entre le récepteur de signaux 16 de la montre et le système externe 12 peut être envisagée par tout moyen connu, par exemple par l'intermédiaire d'une liaison optique, d'une liaison électrique filaire, d'une liaison magnétique par des signaux magnétiques générés par une bobine, d'une liaison radiofréquence, etc.

**[0033]** Le récepteur de signaux 16 est configuré pour recevoir du système externe 12 un signal externe contenant au moins deux tops distants d'une durée de mesure  $T_m$ , extraire les tops du signal externe et transmettre les tops. Selon un mode de réalisation, le signal externe reçu par le récepteur de signaux est un signal périodique de fréquence très précise. C'est le cas par exemple si le système externe est une horloge atomique au rubidium émettant un signal externe périodique de fréquence précise ou si le système externe est un élément d'une constellation de satellites (Galiléo, GPS, Glonass, etc.) émettant un signal périodique de fréquence précise. Dans ces cas, le récepteur de signaux est configuré pour extraire du signal externe périodique deux tops distants de la durée  $T_m$ , les deux tops correspondant à des fronts actifs du signal externe périodique, les deux tops pouvant être successifs ou non. Selon un autre mode de réalisation, le signal externe est un signal comprenant uniquement deux tops et récepteur de signaux 12 est configuré pour extraire du signal externe les deux tops. C'est le cas par exemple si le système externe est un dispositif comprenant une horloge très précise (par ex. un appareil de mesure équipé d'une horloge atomique) ou si le système externe comprend un dispositif externe (par ex. un appareil électronique grand public tel qu'un smartphone 36 - fig. 1) couplé à un réseau satellite pour recevoir un signal périodique de fréquence précise.

**[0034]** La figure 2 détaille le dispositif électronique de la montre comportant le récepteur de signaux 16, un microcontrôleur 21 ainsi qu'une base de temps interne 24.

**[0035]** La base de temps interne 24 comprend un oscillateur 26, par exemple un oscillateur à quartz, qui fournit un signal de mesure du temps  $S_{osc}$  périodique de fréquence propre déterminée  $F_{osc}$ , et un circuit d'horloge 28 agencé en aval de l'oscillateur 26 qui reçoit le signal  $S_{osc}$  sur une première entrée et qui fournit sur une première sortie un signal d'horloge  $Sh$  à la fréquence de marche  $F_{hor}$  de la montre électronique.

**[0036]** Selon un mode de réalisation (non illustré en détail), le circuit d'horloge est un diviseur de fréquence 28 constitué de 15 étages diviseurs de fréquence par 2 associés en cascade, permettant ainsi de passer d'un signal  $S_{osc}$  de fréquence approximativement égal à 32'768 Hz à un signal  $Sh$  de fréquence sensiblement égal à  $F_{hor} = 32'768 / (2^{15}) = 1$  Hz. Ce signal  $Sh$  est envoyé aux bornes des bobines du moteur pas à pas du dispositif d'affichage de la montre, afin d'entraîner les aiguilles du dispositif d'affichage de l'heure. Selon un autre mode de réalisation, le circuit d'horloge est un circuit diviseur par 4, constitué de 2 étages diviseurs de fréquence par deux associés en cascade. Le signal  $Sh$  produit par la base de temps interne a dans ce cas une fréquence  $F_{hor}$  sensiblement égale à  $32'768 / (2^2) = 8'192$  Hz.

**[0037]** Le circuit d'horloge produit également un signal périodique interne  $S_{int}$  dérivé du signal de mesure du temps  $S_{osc}$ . Ce signal interne  $S_{int}$  intervient dans la génération du signal d'horloge  $Sh$ .

**[0038]** Le dispositif électronique 20 comprend également un circuit de réglage 32 de la fréquence moyenne de marche de la montre électronique. Le circuit de réglage 32 comprend notamment une mémoire 33 configurée pour stocker au moins une valeur constante pour la valeur d'inhibition (ou un paramètre d'inhibition constant) et plus généralement des coefficients d'un polynôme ayant la température comme variable et définissant une valeur d'inhibition variable en fonction de la température. Le circuit de réglage 32 fournit un signal d'inhibition  $S_{inh}$  à une deuxième entrée du circuit d'horloge 28.

**[0039]** Le circuit de réglage 32 agit sur un signal interne  $S_{int}^*$  dans le circuit d'horloge. Dans l'exemple d'un circuit d'horloge constitué d'un diviseur de fréquence à 15 étages de division par deux, le circuit de réglage 32 agit préféren-

tiellement entre la sortie du premier étage et l'entrée du deuxième étage du circuit diviseur de fréquence, sur le signal interne Sint\* de fréquence voisine de 16'384 Hz et dérivé du signal Sosc qui a une fréquence proche de 32'768 Hz pour un oscillateur à quartz. Un nombre programmé d'impulsions à l'entrée du deuxième étage du circuit diviseur 28 est par exemple supprimé toutes les 60 s, correspondant à une période d'inhibition Cinh, pour former le signal interne Sint qui est donc un signal interne inhibé alors que le signal Sint\* qui lui correspond hors des zones temporelles d'inhibition est donc un signal interne non inhibé. On notera que, si le circuit de réglage est désactivé les signaux Sint\* et Sint sont alors entièrement semblables et présentent exactement la même fréquence. Une fréquence de 16'384 Hz correspond à une période Pint de  $1/16'384 = 61,035 \mu\text{s}$ . Ramenée à la période d'inhibition de 60s, la résolution du réglage par inhibition est ainsi égale à  $\text{Pint} / \text{Cinh} = 61,035 \mu\text{s} / 60\text{s} = 1,017 \times 10^{-6} = 1,017 \text{ ppm}$  (parties pour millions), ce qui équivaut à 0,088 s/j (seconde par jour).

**[0040]** Selon l'invention, la base de temps interne produit également un signal de calibration Scal dérivé du signal de mesure du temps Sosc produit par l'oscillateur et de fréquence Fcal. Dans les exemples décrits ci-dessous en relation avec les fig. 3-5, le signal de calibration est dérivé du signal interne Sint\* disponible en sortie du premier étage du diviseur de fréquence et il est défini par ce signal Sint\*. Ainsi, dans l'exemple considéré, sa fréquence Fcal est égale à  $\text{Fosc} / 2$ , soit proche de 16'384 Hz. Dans d'autres exemples, le signal de calibration peut être égal au signal Sosc produit par l'oscillateur, ou égal au signal Sh produit par le circuit d'horloge, ou encore égal à tout autre signal dérivé du signal de mesure du temps Sosc et ayant une fréquence qui est une fraction de la fréquence propre Fosc. Au besoin, lors de la mise en oeuvre du procédé, il sera tenu compte du rapport entre la fréquence Fcal du signal de calibration et la fréquence interne du signal interne Sint\* (non inhibé) sur lequel le circuit de réglage agit. Dans le cadre de l'invention, le signal de calibration est utilisé pour la mesure d'une valeur représentative de la différence entre la période Posc du signal Sosc de mesure du temps et une période de consigne correspondante.

**[0041]** Selon l'invention, le dispositif électronique de la montre comprend également un circuit d'auto-calibration 34 configuré pour déterminer un paramètre d'inhibition constant pour le réglage de la fréquence moyenne de marche de la montre électronique, en mettant en oeuvre un procédé selon l'invention comprenant les étapes suivantes, consistant à :

- ET1 : à partir d'un premier top externe et d'un deuxième top externe reçus d'un système externe à la montre et distants d'une durée de mesure (Tm) correspondant à un nombre de référence (Nref) de périodes de référence (Pref) pour un signal périodique de calibration (Scal) dérivé du signal de mesure du temps (Sosc) et ayant une fréquence de calibration (Fcal) dérivée de la fréquence propre de l'oscillateur, déterminer un paramètre de calibration (M) représentatif d'un rapport entre une période de calibration (Pcal) égale à l'inverse de la fréquence de calibration (Fcal) et la période de référence (Pref), et
- ET2 : déterminer une valeur du paramètre d'inhibition constant en fonction du paramètre de calibration.

**[0042]** Le paramètre de calibration est choisi dans les exemples qui suivent égal au rapport  $\text{Pcal} / \text{Pref}$  ; le paramètre de calibration est ainsi une mesure de la période Pcal du signal de calibration de la montre relativement à la période de référence Pref. Si le signal de calibration est directement dérivé du signal de mesure du temps Sosc (sans subir l'action du circuit de réglage), alors la période du signal de calibration est un multiple de la période du signal Sosc produit par l'oscillateur et le paramètre de calibration est une mesure de la période du signal Sosc relativement à la période de consigne correspondante. On rappelle que la période d'un signal est l'inverse de la fréquence du dit signal, de sorte que  $\text{Fref} / \text{Fcal} = \text{Pcal} / \text{Pref}$ .

**[0043]** Dans les exemples qui suivent, la détermination du paramètre d'inhibition constant (ET2) à partir notamment du paramètre de calibration n'est pas détaillée, ceci ayant été traité précédemment.

**[0044]** Enfin, par souci de simplification, dans tous les exemples numériques qui vont suivre :

- l'oscillateur a une fréquence propre Fosc proche d'une fréquence de consigne égale à 32'768 Hz,
- l'oscillateur est non thermo-compensé, de sorte que le paramètre d'inhibition constant est la valeur d'inhibition, constante, à mémoriser dans le circuit de réglage,
- le signal de calibration a une fréquence Fcal égale à la fréquence Fint du signal interne Sint\* (non inhibé) sur lequel va agir le circuit de réglage, égale à  $\text{Fosc} / 2$ , donc proche de 16'384 Hz ; ainsi, pour un tel signal de calibration, la période de référence  $\text{Fref} = 1/16'384 = 61,03516 \mu\text{s}$ , et le nombre de référence  $\text{Nref} = 16'384 \times \text{Tm}$ , Tm étant la durée de mesure (ces valeurs numériques ne sont bien sûr que des exemples non limitatifs du cadre plus général de l'invention).

**[0045]** Le nombre de référence Nref et / ou la durée de mesure Tm peuvent être mémorisés dans une mémoire du circuit d'auto-calibration. En variante, le nombre de référence et / ou la durée de mesure peuvent être fournis à la montre par le système externe (horloge de référence ou dispositif externe couplé à une horloge de référence), notamment avant le premier top externe ou après le deuxième top externe.

**[0046]** Dans un premier exemple de mise en oeuvre de l'invention, l'étape ET1 comprend les étapes suivantes,

## EP 3 627 243 A1

consistant à :

- ET1A1 : entre le premier top externe et le deuxième top externe, compter un nombre  $C_a$  de périodes du signal de calibration, et
- ET1A2 : calculer le paramètre de calibration en divisant le nombre de référence  $N_{ref}$  par le nombre de périodes comptées  $C_a$ .

**[0047]** Dans une mise en oeuvre opérationnelle, l'étape ET1A1 est réalisée avec un compteur dont le fonctionnement classique est schématisé par les chronogrammes des figures 3a-3c : sur un premier front montant 101 (premier top externe) du signal externe (fig. 3a), le compteur est activé et compte les fronts actifs (ici les fronts montants de 103 à 104) du signal de calibration (fig. 3b), sur un deuxième front montant 102 (deuxième top externe) du signal externe, le compteur produit un nombre  $C_a$  de périodes comptées du signal de calibration (fig. 3c) depuis le début d'une période  $P_1$  jusqu'à la fin d'une période  $P_{ca}$ .

**[0048]** Dans l'exemple numérique choisi ( $F_{ref} = 16'384$  Hz), si la durée de mesure est choisie égale à 1 s, le nombre  $N_{ref}$  de périodes de référence est égal à  $N_{ref} = 16'384$ . Si, entre les deux tops externes 101, 102 (fronts montants) distants de  $T_m = 1$  s, le compteur compte  $C_a = 16'386$  périodes, alors la fréquence du signal de calibration est égale à  $F_{cal} = 16'386$  Hz, soit une fréquence de calibration  $F_{cal}$  dérivée de la fréquence propre de l'oscillateur un peu plus élevée que la fréquence de référence  $F_{ref}$ . La période  $P_{cal}$  du signal de calibration est égale à  $1/16'386 = 61,0277$   $\mu$ s. Le paramètre de calibration  $M$  de la montre, qui correspond ici à la valeur relative de la période de l'oscillateur par rapport à sa période de consigne, est égal à  $M = P_{cal} / P_{ref} = N_{ref} / C_a = 16'384 / 16'386 = 0,9998779$ , et l'erreur relative sur la période est égal à  $1 - M$ , soit  $122 \times 10^{-6} = 122$  ppm. En d'autres termes, la période de calibration est 122 ppm plus courte que la période de référence.

**[0049]** Dans ce mode de mise en oeuvre, la mesure du décalage entre la période propre de l'oscillateur et la période de consigne associée est réalisée exclusivement par un comptage des périodes du signal de calibration dérivé du signal  $S_{osc}$ , soit dans l'exemple un signal de calibration de fréquence  $F_{cal} = 16'384$  Hz ( $2^{14}$  Hz), à la précision de l'oscillateur près de l'ordre de 100 ppm. La résolution de la mesure est donc égale à la durée d'une période (très proche de  $1/2^{14}$  s) du signal de calibration dont on compte les impulsions, divisée par la durée de mesure. Ainsi, pour une durée de mesure de 1s, la résolution d'une telle mesure est de l'ordre de  $(1/2^{14}) / 1s = 61$  ppm = 1925 s/y. Pour une durée de mesure de 100 s, la résolution est améliorée d'un facteur 100 soit  $(1/2^{14}) / 100s = 0,61$  ppm = 19,25 s/y. Pour une durée de mesure de 3600 s (soit 1 h), la résolution est améliorée d'un facteur 3600, soit  $(1/2^{14}) / 3600s = 16,95$  ppm = 0,535 s/y. On note ainsi que, selon ce premier mode de réalisation, il faut une période de mesure de l'ordre d'une heure, pour atteindre une résolution de 0,535 s/y, de l'ordre de grandeur de la résolution du circuit de réglage par inhibition qui est par exemple de l'ordre de 0,1175 s/y pour une montre de haute précision.

**[0050]** Dans un deuxième exemple de mise en oeuvre de l'invention, l'étape ET1 comprend les étapes suivantes, consistant à :

- ET1B1 : compter, entre le premier top 201 externe et le deuxième top 202 externe, un premier nombre  $C_{b1}$  de périodes d'un signal HF haute fréquence,
- ET1B2 : compter un deuxième nombre  $C_{b2}$  de périodes du signal HF, entre un troisième top 203 interne et un quatrième top 204 interne distants d'une durée de calibration  $T_{cal}$  correspondant au nombre de référence  $N_{ref}$  de périodes du signal de calibration  $P_{cal}$  et calculée depuis le début d'une première impulsion  $P_1$  jusqu'à la fin d'une impulsion  $P_{N_{ref}}$  du signal périodique de calibration (voir la Fig. 4b qui montre le signal périodique de calibration et les impulsions considérées), et
- ET1B3 : calculer le paramètre de calibration en divisant le deuxième nombre compté  $C_{b2}$  par le premier nombre compté  $C_{b1}$ .

**[0051]** Dans une mise en oeuvre opérationnelle, les étapes ET1B1 et ET1B2 sont réalisées à l'aide d'au moins un compteur et d'un générateur haute fréquence, détaillés plus loin.

**[0052]** Dans un exemple, le générateur HF peut produire un signal HF d'une fréquence de 1MHz soit une fréquence environ 60 fois plus élevée que la fréquence du signal de calibration de la montre. La résolution absolue d'un tel générateur HF est égale à une période du signal HF divisée par la durée totale de la mesure. Ainsi, pour une mesure sur 1 s, la résolution est égale à  $(1/10^6)/1s = 1$  ppm, ce qui correspond à une résolution de 31,536 s/y. Si la mesure est prolongée durant 100s, la résolution est divisée par 100 soit  $(1/10^6)/100s = 0,01$  ppm soit 0,315 s/y. Si la mesure dure 300 s (soit 5 mn), la résolution atteint  $(1/10^6)/300s = 0,00333$  ppm soit 0,105 s/y, ce qui est très proche de la résolution intrinsèque du circuit de réglage (0,1175 s/y). L'utilisation du générateur HF à la place de l'oscillateur à quartz permet ainsi d'atteindre une précision au moins aussi importante que dans le mode de réalisation précédent, en un temps bien plus court.

**[0053]** La première étape ET1B1 est en quelque sorte une étape d'étalonnage du générateur HF 22, par la mesure de la fréquence  $F_{hf}$  réelle du générateur HF au moment de la mesure. Ceci permet de prendre en compte la faible

## EP 3 627 243 A1

précision et l'instabilité du générateur HF. La deuxième étape ET1B2 est ensuite une mesure de la fréquence réelle de l'oscillateur à quartz du dispositif électronique de la montre. La troisième étape ET1B3 permet finalement de déterminer le paramètre de calibration.

**[0054]** Dans un exemple numérique, au cours de l'étape ET1B1, un nombre  $Cb1 = 1\,050\,000$  périodes  $Phf$  du signal HF est compté sur la durée de mesure  $Tm = 1s$  définie par les premier et deuxième tops externes 201, 202 distants de la durée de mesure  $Tm = Nref \times Pref = Cb1 \times Phf$ . Au cours de l'étape ET1B2, un nombre  $Cb2 = 1\,049\,911$  est compté sur la durée de calibration  $Tcal$  définie par les troisième et quatrième tops 203, 204 distants de la durée de calibration  $Tcal = Nref \times Pcal = Cb2 \times Phf$ . Comme  $Cb2 / Cb1 = 1\,049\,911 / 1\,050\,000 = 0,999915238$ , la durée de calibration est plus petite que la durée de mesure ; il s'ensuit que la période de l'oscillateur à quartz est un peu plus courte que la période de consigne attendue pour cet oscillateur. Il est donc nécessaire de "ralentir" la base de temps interne par inhibition. Le paramètre de calibration  $M$  est égal à  $Cb2 / Cb1 = 0,999915238$  et l'erreur relative sur la période est égale à  $1 - Cb2 / Cb1 = 1 - 0,999915238 = 0,00008476$  soit 84,76 ppm.

**[0055]** Dans l'exemple ci-dessus, la mesure a été effectuée sur une période  $Tm = 1s$ . En variante, la mesure peut être faite sur une durée de mesure plus longue, par exemple  $Tm = 10s$ , pour gagner un facteur 10 en précision.

**[0056]** En variante encore, les étapes ET1B1 à ET1B3 peuvent être répétées plusieurs fois (éventuellement avec des durées de mesure différentes), par exemple répétée 100 fois pour une durée de mesure comprise entre 1 et 2s. Une durée de mesure de 1 à 2 s est suffisamment courte pour que le générateur HF soit stable sur la durée de mesure. Dans ce cas, on calculera systématiquement le rapport  $Cb2/Cb1$  à la fin de chaque étape ET1B3 puis on réalisera (étape ET4) une moyenne  $(Cb2/Cb1)_{moy}$  des rapports  $(Cb2/Cb1)$  calculés aux étapes ET1B3 successives pour déterminer une valeur moyenne du paramètre de calibration puis la correction moyenne à apporter  $(1 - (Cb2/Cb1)_{moy})$ . Ceci permet également d'améliorer la précision, notamment grâce au fait que le générateur HF est ré-étalonné plus fréquemment, ce qui réduit l'impact de son éventuelle manque de stabilité.

**[0057]** Les étapes ET1B1 et ET1B2 peuvent être réalisées simultanément, le circuit d'auto-calibration comprend dans ce cas deux compteurs, tous deux cadencés par le signal HF fourni par un générateur HF haute fréquence du dispositif électronique de la montre, par exemple l'horloge du microcontrôleur. L'un des compteurs est activé / désactivé par le signal de référence externe et l'autre des compteurs est activé / désactivé par le signal de calibration de la montre. En variante, les étapes ET1B1 et ET1B2 sont exécutées successivement (cf les chronogrammes 4a-4d) par un unique compteur cadencé par le signal HF haute fréquence, le résultat  $Cb1$  du 1er comptage (étape ET1B1) étant dans ce cas mémorisé temporairement pour être utilisé (étape ET1B3) à la fin du deuxième comptage  $Cb2$  (étape ET1B2).

**[0058]** Dans un troisième exemple de mise en oeuvre de l'invention, l'étape ET1 de détermination du paramètre de calibration comprend les étapes suivantes, consistant à :

- ET1C1 : déterminer la durée réelle  $Phf$  d'une période d'un signal HF haute fréquence généré par un générateur HF interne à la montre électronique entre deux tops fournis par la base de temps interne ou le système externe,
- ET1C2 : entre le premier top 301 externe et un front actif 303 du signal de calibration suivant le premier top externe, compter un premier nombre  $Cc1$  de périodes du signal HF, et en déduire un premier décalage temporel  $T1$  entre le premier top externe 301 et le front actif 303 du signal de calibration suivant le premier top externe :  $T1 = Phf \times Cc1$ ,
- ET1C3 : entre le premier top 301 externe et le deuxième top 302 externe, compter un nombre  $Cc2$  de périodes du signal de calibration  $Pcal$ ,
- ET1C4 : entre le deuxième top 302 externe et un front actif 304 du signal de calibration suivant le deuxième top externe 302, compter un deuxième nombre  $Cc3$  de périodes du signal HF, et en déduire un deuxième décalage temporel  $T3$  entre le deuxième top 302 externe et le front actif 304 du signal de calibration suivant le deuxième top externe :  $T3 = Phf \times Cc3$ ,
- ET1C5 : déterminer le paramètre de calibration  $M$  par la relation  $M = ((Tm - T1 + T3) / Cc2) / Pref$ , où  $Tm$  est la durée de mesure entre le premier top 301 externe et le deuxième top 302 externe,  $T1$  est le premier décalage temporel,  $T3$  est le deuxième décalage temporel,  $Cc2$  est le nombre de périodes du signal de calibration comptées pendant la durée de mesure  $Tm$  au cours de l'étape ET1C3 et  $Pref$  est la période de référence pour le signal de calibration.

**[0059]** Dans l'exemple représenté aux figures 5a-5f, l'étape ET1C1 comprend les sous-étapes suivantes, consistant à :

- ET1C11 : mesurer une durée de test en comptant un nombre de test ( $N0 = 10$ ) de périodes du signal de calibration, et produire un cinquième top 305 de test et un sixième top 306 de test respectivement en début et en fin de mesure de la durée de test,
- ET1C12 : entre le cinquième top 305 de test et le sixième top 306 de test produits lors de l'étape ET1C11, compter un troisième nombre  $Cc4$  de périodes du signal HF, et
- ET1C13 : calculer la durée  $Phf$  de la période du signal HF par la relation  $Phf = Pref \times N0 / Cc4$ , où  $Pref$  est la durée d'une période de référence,  $N0$  est le nombre de test et  $Cc4$  est le troisième nombre compté lors de l'étape ET1C12

**[0060]** Dans un exemple numérique, le système externe (l'horloge de référence) fournit (fig. 5a) deux tops externe 301 et 302, distants de la durée de mesure  $T_m$ , dans l'exemple 10s. Le signal de calibration (fig. 5b) de fréquence  $F_{cal}$  (dans l'exemple de l'ordre de 16'384 Hz) dérivée de la fréquence de l'oscillateur à quartz, est le signal dont on cherche à déterminer la période exacte relativement à la période de référence.

**[0061]** Dans l'étape ET1C2, les périodes du signal HF sont comptées entre le premier top externe (front montant 301) et un front montant 303 suivant du signal de calibration distants du premier décalage temporel  $T_1$  et au maximum d'une période du signal de calibration, soit au maximum  $1/16384 = 61,035 \mu s$ . Si le signal HF à 1 MHz est précis à 10% près, la durée de  $61,035 \mu s$  se traduit par au maximum 67 périodes du signal HF. Dans un exemple numérique,  $Cc1 = 50$ .

**[0062]** Dans l'étape ET1C3, les périodes du signal de calibration sont comptées ( $Cc2$ ) entre les deux tops externes (fronts montants 301, 302) distants de la durée de mesure  $T_m$ . Sur la fig. 5f, le début d'une période du signal de calibration est repéré par un front montant, et toutes les périodes du signal de calibrations commencées entre le premier top externe et le deuxième top externe sont comptées. Dans un exemple numérique,  $Cc2 = 163851$ .

**[0063]** Dans l'étape ET1C11 (fig. 5e), un nombre de test  $N_0$  de périodes du signal de calibration sont comptées ; un cinquième top 305 de test et un sixième top 306 de test sont produits en début et en fin de comptage du nombre  $N_0$ . Dans l'étape ET1C12 (fig. 5d), entre le cinquième top 305 et le sixième top 306, un troisième nombre  $Cc4$  de périodes du signal HF est compté. Les étapes ET1C11 et ET1C12 peuvent être réalisées en parallèle, les tops produits lors de l'étape ET1C11 activant et désactivant le comptage réalisé à l'étape ET1C12. Dans l'exemple représenté fig. 5d, 5e,  $N_0 = 10$  périodes du signal de calibration sont comptées entre le front actif P1 de rang 1 et le front actif P11 de rang P11, le front actif de rang P1 étant ici le premier front actif 303 du signal de calibration après le premier top externe (front actif 301). Le nombre  $N_0$  peut être différent, par exemple égal à 50 ou 100. Il doit être suffisant pour la précision recherchée pour la mesure de la période du signal HF. Les  $N_0$  périodes pourraient également être comptées entre les fronts actifs de rang 2 et 12, ou 3 et 13, etc. Il est préférable toutefois de réaliser l'étape ET1C1 (comprenant les étapes ET1C11 à ET1C13) juste avant ou juste après l'étape ET1C2, de sorte à prendre en compte au plus juste la faible précision et une éventuelle dérive en température du générateur HF lors de la réalisation de l'étape ET1C2.

**[0064]** Dans un exemple numérique,  $N_0 = 10$  et  $Cc4 = 665$ . En première approximation, la durée d'une période du signal de calibration de fréquence  $F_{cal}$  (très proche de  $F_{ref}$ ) est égale à la durée  $P_{ref}$  d'une période du signal de référence soit  $1/16384 = 61,0352 \mu s$ , et  $N_0$  périodes ont une durée de  $610,352 \mu s$ . La durée  $P_{hf}$  d'une période du signal HF est ainsi égale à  $P_{hf} = 610,352 / 665 = 0,9178 \mu s$ , soit une fréquence de 1,089MHz. On notera que l'approximation faite ci-dessus est suffisante pour obtenir la précision finale recherchée. En effet, la durée  $N_0 \times P_{ref}$  est connue avec l'incertitude sur la fréquence du signal délivré par l'oscillateur à quartz, incertitude qui, par conception de l'oscillateur à quartz, est comprise entre 0 et 200 ppm. Cette incertitude est négligeable comparée à la résolution du comptage à haute fréquence sur  $N_0$  périodes du signal de calibration car, pour un comptage à 1 MHz sur  $N_0 = 10$  périodes d'un signal à 16'384 Hz correspondant à une durée de  $10 \times (1/16384) = 610 \mu s$ , l'incertitude est égale à  $10^{-6} / 610 \times 10^{-6} = 0,001639$ , soit 1639 ppm. La résolution du comptage à haute fréquence sur  $N_0$  périodes du signal d'horloge interne est elle-même négligeable par rapport à la la résolution du comptage à haute fréquence sur une unique période du signal de calibration ; en effet, pour un comptage à 1 MHz sur 1 période d'un signal à 16'384 Hz correspondant à une durée de  $1 \times (1/16384) = 61 \mu s$ , l'incertitude est égale à  $1/67 = 0,0147$  soit 14700 ppm, 67 étant le nombre maximum de périodes comptées entre le front montant 101 du signal de référence et le front montant 102 du signal d'horloge interne lors de l'étape ET1C2.

**[0065]** Dans l'étape ET1C4, les périodes du signal HF sont comptées entre le deuxième top externe (front montant 302) et un front montant 304 suivant du signal de calibration distants du deuxième décalage temporel  $T_3$  et au maximum d'une période du signal de calibration, soit au maximum  $1/16384 = 61 \mu s$ . Si le signal HF à 1 MHz est précis à 10% près, la durée de  $61 \mu s$  se traduit par au maximum 67 périodes du signal HF. Dans un exemple numérique,  $Cc3 = 53$  correspondant à un décalage temporel  $T_3$ . Par souci de précision, l'étape ET1C1 peut être répétée (non représenté sur les figures 5a-5f) juste avant ou juste après l'étape ET1C4, afin de prendre en compte une éventuelle dérive de la période  $P_{hf}$  du signal HF entre le 1er top 301 et le 2ème top 302 du signal de référence.

**[0066]** La période réelle  $P_{hf} = 0,9178 \mu s$  du signal HF obtenue à l'étape ET1C1, permet de déterminer avec précision les décalages temporels  $T_1$  et  $T_3$ .  $T_1 = Cc1 \times P_{hf} = 50 \times 0,9178 \mu s = 45,9 \mu s$ , et  $T_3 = Cc3 \times P_{hf} = 53 \times 0,178 \mu s = 48,6 \mu s$ . La durée réelle  $T_2$  de  $Cc3 = 163851$  périodes du signal de calibration peut ensuite être calculée :  $T_2 = T_m - T_1 + T_3 = 10s - 45,9 \mu s + 48,6 \mu s = 10,0000027s$ . La durée d'une période du signal de calibration est donc égale à  $10,0000027/163851 = 61,031075 \mu s$  et la fréquence du signal de calibration est égale à  $163851/10,0000027 = 16385,0956$  Hz. Le paramètre de calibration  $P_{cal} / P_{ref}$  est égal à  $61,031075 / 61,03516 = 0,99993313$ . L'écart relatif de la période de calibration par rapport à la période de référence, est égal à  $1 - P_{cal} / P_{ref} = 66,87 \times 10^{-6} = 66,87$  ppm. Cet écart peut également être calculé par  $(16385,0956 - 16384) / 16384 = 66,87 \times 10^{-6} = 66,87$  ppm.

**[0067]** L'incertitude de cette mesure sur  $T_m = 10$  s est pour l'essentiel générée par deux fois la résolution du compteur cadencé par le signal HF haute fréquence, soit  $2 \times (1/10^6) / 10 = 2 \times 10^{-7}$ , soit 0,2 ppm. Cette erreur est proportionnelle à la durée  $T_m$  de la mesure. Ainsi, en choisissant  $T_m = 100$  s, l'erreur est abaissée à 0,02 ppm.

**[0068]** L'invention concerne également un dispositif électronique approprié pour la mise en oeuvre du procédé décrit ci-dessus. Le dispositif électronique comprend une base de temps interne 24 et un circuit de réglage 32 tels que décrits

ci-dessus. Selon l'invention, le dispositif électronique comprend également un circuit d'auto-calibration 34 agencé pour, à partir d'un premier top externe et d'un deuxième top externe reçus d'un système externe et distants d'une durée de mesure  $T_m$  correspondant à un nombre de référence  $N_{ref}$  de périodes de référence  $P_{ref}$  pour un signal périodique de calibration  $Scal$  dérivé du signal de mesure du temps  $S_{osc}$  et ayant une fréquence de calibration  $F_{cal}$  égale à la dite fréquence propre ou à une fraction prédéterminée de la dite fréquence propre, déterminer un paramètre de calibration représentatif d'un rapport entre une période de calibration égale à l'inverse de la fréquence de calibration et la période de référence, puis déterminer une valeur du paramètre d'inhibition constant en fonction du paramètre de calibration, de la période de référence et de la période d'inhibition prédéfinie.

**[0069]** Le système externe peut être une horloge de référence externe à la montre. Le système externe peut également être un dispositif externe à la montre comprenant (ou couplé à) une horloge de référence externe. Le système externe produit un signal externe de référence comprenant au moins le premier top externe et le deuxième top externe. Le dispositif électronique comprend encore un circuit de réception 16 agencé pour recevoir le signal externe de référence et transmettre le premier top externe et le deuxième top externe au circuit d'auto-calibration.

**[0070]** Dans des variantes, le circuit d'auto-calibration 34 peut être relié à la base de temps interne 24 de la montre pour pouvoir recevoir le signal de calibration de l'oscillateur 26 ou du circuit d'horloge 28. Le circuit d'auto-calibration peut également être agencé pour désactiver le circuit de réglage.

**[0071]** Selon un mode de réalisation, le circuit d'auto-calibration 34 peut comprendre un premier compteur. Dans une première variante, le premier compteur est agencé pour compter un nombre de périodes du signal de calibration entre le premier top externe et le deuxième top externe, pour réaliser l'étape ET1A1 par exemple. Dans une deuxième variante, le premier compteur peut être agencé pour mesurer une durée prédéfinie ( $T_{cal}$ ,  $T_0$ ) en comptant un nombre prédéfini ( $N_{ref}$ ,  $N_0$ ) de périodes du signal de calibration, pour mesurer la durée de calibration  $T_{cal}$  lors de l'étape ET1B2 par exemple ou pour mesurer la période de test lors de l'étape ET1C13 par exemple.

**[0072]** Le premier compteur peut également être agencé pour, lorsqu'il est utilisé pour mesurer une durée, produire un top de début et un top de fin de mesure. Ainsi, par exemple lorsqu'il est utilisé pour réaliser l'étape ET1B2, le premier compteur peut produire le troisième top 303 interne et le quatrième top 304 interne respectivement au début et à la fin de la mesure de la durée de calibration ( $T_{cal}$ ). Ou bien, lorsqu'il est utilisé pour réaliser l'étape ET1C13, le premier compteur peut être utilisé pour produire le cinquième top 305 de test et le sixième 306 top de test respectivement au début et à la fin de la mesure de la durée de test ( $T_0$ ).

**[0073]** Egalement, le circuit d'auto-calibration peut comprendre au moins un deuxième compteur agencé pour compter des périodes d'un signal HF haute fréquence. Le deuxième compteur peut par exemple être utilisé pour compter des périodes du signal HF :

- entre le premier top externe et le deuxième top externe, par exemple pour réaliser l'étape ET1B1, et / ou
- entre le troisième top interne et le quatrième top interne, par exemple pour réaliser l'étape ET1B2, et / ou
- entre le cinquième top de test et le sixième top de test, par exemple pour réaliser l'étape ET1C12, et / ou
- entre le premier top externe et un front actif du signal de calibration suivant le premier top externe, par exemple pour réaliser l'étape ET1C2, et / ou
- entre le deuxième top externe et un front actif du signal de calibration suivant le deuxième top externe, par exemple pour réaliser l'étape ET1C4.

**[0074]** Selon une variante, le circuit d'auto-calibration peut comprendre deux compteurs agencés pour compter des périodes du signal HF. Il est ainsi possible de réaliser simultanément deux étapes, par exemple les étapes ET1B1 et ET1B2, ou bien d'enchaîner deux étapes successives telles que les étapes ET1C2 et ET1C12 sans délai.

**[0075]** Le circuit d'auto-calibration peut encore comprendre un circuit de calcul agencé pour déterminer le paramètre de calibration en fonction de périodes comptées par le premier compteur et / ou par le deuxième compteur, selon la mise en oeuvre du procédé de l'invention.

**[0076]** Le dispositif électronique de la montre peut comprendre également un générateur HF haute fréquence, par exemple un oscillateur de type RC, agencé pour produire le signal HF haute fréquence. Le signal HF est utilisé pour cadencer le deuxième compteur.

**[0077]** Selon un mode de mise en oeuvre pratique, le premier compteur et / ou le deuxième compteur et / ou le générateur HF du circuit d'auto-calibration sont respectivement un premier compteur et / ou un deuxième compteur et / ou un générateur HF du microcontrôleur.

**[0078]** En pratique, les microcontrôleurs utilisés dans le domaine de l'horlogerie possède souvent un oscillateur interne haute fréquence, par exemple de type RC (résistance / condensateur). Il s'agit d'un oscillateur sans résonateur externe, dont la fréquence est peu précise (généralement de l'ordre de +/- 10%) et dont la fréquence est peu stable, sensible notamment à la température. Un tel oscillateur est utilisé principalement pour exécuter le logiciel associé au dispositif électronique de la montre à une vitesse nettement plus élevée que celle de l'oscillateur à quartz. L'oscillateur RC est utilisé généralement par intermittence pour économiser l'énergie de la montre. Il peut donc aussi être utilisé comme

générateur haute fréquence pour une fonction additionnelle telle que l'auto-calibration de la montre selon l'invention.

**[0079]** Les microcontrôleurs horlogers comprennent également le plus souvent un ou plusieurs compteurs susceptibles d'être utilisés pour compter des périodes ou mesurer des durées. Ces compteurs étant généralement utilisés occasionnellement, ils peuvent être utilisés en plus pour la mise en oeuvre d'une auto-calibration selon l'invention.

**[0080]** Dans un exemple de mise en oeuvre pratique, le dispositif électronique de la montre peut être constitué d'un premier circuit intégré dans lequel sont encapsulés la base de temps interne (24) et le circuit de réglage (32), et d'un deuxième circuit intégré comprenant le circuit d'auto-calibration et le microcontrôleur.

Légende des figures

**[0081]**

Sosc	signal périodique produit par l'oscillateur de fréquence propre Fosc (ex. Fosc = 32'772 Hz pour une fréquence de consigne Fosc* = 32'768 Hz), et de période Posc
Sint	signal interne du circuit d'horloge ; signal dérivé du signal Sosc ; signal sur lequel le circuit de réglage agit lors de sa génération ; de fréquence non inhibée Fint, et de période non inhibée Pint
Sh	signal de marche (ou signal d'horloge) fourni par le circuit d'horloge ; de fréquence moyenne de marche Fhor (fréquence de consigne: Fhor* par exemple égale à 1 Hz ou 8'192 Hz),
Scal	signal de calibration dérivé de Sosc ; de fréquence Fcal (ex. Fcal = Fosc, Fosc/2 ou Fint), et de période Pcal
Fref, Pref :	fréquence et période de référence qui sont associées au signal de calibration
Nref	nombre de périodes de référence Pref prévu pendant la durée de mesure Tm, laquelle est déterminée par une base de temps de référence externe
Sinh	signal d'inhibition fourni par le circuit de réglage au circuit d'horloge
Cinh	période (ou cycle) d'inhibition
signal HF	signal haute fréquence, fréquence Fhf, période Phf
16	circuit de réception de signaux
18	dispositif d'affichage
20	dispositif électronique
21	microcontrôleur
22	générateur HF du microcontrôleur
24	base de temps interne
26	oscillateur
28	circuit d'horloge, par exemple un diviseur de fréquence
32	circuit de réglage
33	mémoire
34	circuit d'auto-calibration
101, 102, 201, 202, 301, 302 :	tops fournis par le système externe
203, 204 :	troisième et quatrième tops internes
303, 304 :	fronts actifs du signal de calibration, suivant un front actif du signal fourni par l'horloge externe
305, 306 :	tops de test fournis par le signal de calibration
Tm :	durée de mesure déterminée par une base de temps de référence externe
Tcal :	durée de calibration
T0 :	durée de test

**Revendications**

1. Procédé de détermination d'un paramètre constant d'une valeur d'inhibition, ou paramètre d'inhibition constant, pour le réglage d'une fréquence moyenne de marche (Fhor) d'une montre électronique comprenant un dispositif électronique comprenant :

- une base de temps interne (24) comprenant un oscillateur (26) de mesure du temps et un circuit d'horloge (28), l'oscillateur de mesure du temps ayant une fréquence propre (Fosc) et étant agencé pour fournir un signal périodique de mesure du temps (Sosc) ayant la dite fréquence propre (Fosc), le circuit d'horloge étant agencé

## EP 3 627 243 A1

pour recevoir le signal de mesure du temps (Sosc) et pour fournir un signal d'horloge (Sh) ayant la fréquence moyenne de marche (Fhor),

- un circuit de réglage (32) de la fréquence moyenne de marche (Fhor) comportant une mémoire (33) stockant au moins le dit paramètre d'inhibition constant, le circuit de réglage étant agencé pour inhiber, par période d'inhibition prédéfinie et en fonction d'au moins le paramètre d'inhibition constant, une ou plusieurs périodes dans la génération d'un signal périodique interne (Sint) au circuit d'horloge intervenant dans la génération du signal d'horloge (Sh) de manière que la fréquence moyenne de marche soit plus précise, le signal périodique interne étant dérivé du signal de mesure du temps,

le procédé de détermination du paramètre d'inhibition constant étant **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes, consistant à :

- ET1 : à partir d'un premier top externe et d'un deuxième top externe reçus d'un système externe à la montre et distants d'une durée de mesure (Tm) correspondant à un nombre de référence (Nref) de périodes de référence (Pref) pour un signal périodique de calibration (Scal) dérivé du signal de mesure du temps (Sosc) et ayant une fréquence de calibration (Fcal) dérivée de la fréquence propre, déterminer un paramètre de calibration (M) représentatif d'un rapport entre une période de calibration (Pcal), égale à l'inverse de la fréquence de calibration (Fcal), et la période de référence (Pref), et

- ET2 : déterminer une valeur du paramètre d'inhibition constant en fonction du paramètre de calibration.

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel le paramètre de calibration déterminé à l'étape ET1 permet de calculer une valeur de calibration  $V_{cal} = [1 - (P_{cal} / P_{ref})] \cdot C_{inh} / P_{int}$  où Pcal est la période de calibration, Pref est la période de référence du signal périodique interne, Pint est la période du signal périodique interne, inhibé ou non inhibé, ou une période de consigne pour ce signal périodique interne, et Cinh est la période d'inhibition prédéfinie.

3. Procédé selon la revendication 2 dans lequel, selon que le signal périodique de calibration est dérivé du signal périodique interne inhibé ou non, la valeur de calibration Vcal est respectivement soit une valeur de correction de la valeur d'inhibition et elle permet de corriger le paramètre d'inhibition constant, soit une valeur instantanée pour la valeur d'inhibition et elle permet de déterminer le paramètre d'inhibition constant.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel le paramètre d'inhibition constant est :

- en l'absence de thermo-compensation, la valeur d'inhibition ; ou

- un coefficient constant d'une relation mathématique calculant la valeur d'inhibition en fonction de la température.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel le signal périodique de calibration (Scal) est dérivé du signal périodique interne (Sint), **caractérisé en ce qu'il** comprend également une étape initiale (ET0) consistant à désactiver le circuit de réglage.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape ET1 de détermination du paramètre de calibration comprend les étapes suivantes, consistant à :

- ET1A1 : entre le premier top (101) externe et le deuxième top (102) externe, compter un nombre (Ca) de périodes du signal de calibration, et

- ET1A2 : calculer le paramètre de calibration en divisant le nombre de référence (Nref) par le nombre de périodes comptées (Ca).

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5 dans lequel l'étape ET1 de détermination du paramètre de calibration comprend les étapes suivantes, consistant à :

- ET1B1 : compter, entre le premier top (201) externe et le deuxième top (202) externe, un premier nombre (Cb1) de périodes d'un signal HF haute fréquence généré par un générateur HF interne à la montre électronique,

- ET1B2 : compter un deuxième nombre (Cb2) de périodes du signal HF, entre un troisième top (203) interne et un quatrième top (204) interne distants d'une durée de calibration (Tcal) correspondant au nombre de référence (Nref) de périodes du signal de calibration (Pcal), et

- ET1B3 : calculer le paramètre de calibration en divisant le deuxième nombre compté (Cb2) par le premier nombre compté (Cb1).

## EP 3 627 243 A1

8. Procédé selon la revendication 7 dans lequel les étapes ET1B1 et ET1B2 sont réalisées :

- simultanément, ou
- successivement, le résultat de l'étape ET1B1 étant mémorisé temporairement pour être utilisé lors de l'étape ET1B3.

9. Procédé selon l'une des revendications 7 à 8 dans lequel les étapes ET1B1 à ET1B3 sont répétées plusieurs fois puis, lors d'une étape ET1B4, une moyenne des paramètres de calibration calculés lors des étapes ET1B3 successives est réalisée pour déterminer une valeur moyenne du paramètre de calibration.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5 dans lequel l'étape ET1 de détermination du paramètre de calibration comprend les étapes suivantes, consistant à :

- ET1C1 : déterminer la durée (Phf) d'une période d'un signal HF haute fréquence, généré par un générateur HF interne à la montre électronique, entre deux tops fournis par la base de temps interne ou le système externe,
- ET1C2 : entre le premier top (301) externe et un front actif (303) du signal de calibration suivant le premier top externe, compter un premier nombre (Cc1) de périodes du signal HF, et en déduire un premier décalage temporel (T1) entre le premier top (301) externe et le front actif (303) du signal de calibration suivant le premier top externe ( $T1 = Phf \times Cc1$ ),
- ET1C3 : entre le premier top (301) externe et le deuxième top (302) externe, compter un nombre (Cc2) de périodes du signal de calibration (Pcal),
- ET1C4 : entre le deuxième top (302) externe et un front actif (304) du signal de calibration suivant le deuxième top (302) externe, compter un deuxième nombre (Cc3) de périodes du signal HF, et en déduire un deuxième décalage (T3) temporel entre le deuxième top (302) externe et le front actif (304) du signal de calibration suivant le deuxième top externe ( $T3 = Phf \times Cc3$ ),
- ET1C5 : déterminer le paramètre de calibration (M) par la relation  $M = ((Tm - T1 + T3) / Cc2) / Pref$  où Tm est la durée de mesure entre le premier top (301) externe et le deuxième top (302) externe, T1 est le premier décalage temporel, T3 est le deuxième décalage temporel, Cc2 est le nombre de périodes du signal de calibration comptées pendant la durée de mesure au cours de l'étape ET1C3 et Pref est la période de référence pour le signal de calibration.

11. Procédé selon la revendication 10 dans lequel l'étape ET1C1 comprend les sous-étapes suivantes, consistant à :

- ET1C11 : mesurer une durée de test en comptant un nombre de test (N0) de périodes du signal de calibration, et produire un cinquième top (305) de test et un sixième top (306) de test en début et en fin de mesure de la durée de test,
- ET1C12 : entre le cinquième top (305) de test et le sixième top (306) de test produits lors de l'étape ET1C11, compter un troisième nombre (Cc4) de périodes du signal HF, et
- ET1C13 : calculer la durée (Phf) de la période du signal HF par la relation  $Phf = Pref \times N0 / Cc4$ , où Pref est la durée d'une période de référence, N0 est le nombre de test et Cc4 est le troisième nombre compté lors de l'étape ET1C12.

12. Procédé selon la revendication 11 dans lequel les étapes ET1C11 et ET1C12 sont réalisées simultanément.

13. Procédé selon l'une des revendications 11 ou 12, dans lequel l'étape ET1C1 est réalisée juste avant ou juste après l'étape ET1C2.

14. Procédé selon l'une des revendications 10 à 13, dans lequel l'étape ET1C1 est répétée juste avant ou juste après l'étape ET1C4.

15. Dispositif électronique incorporé dans une montre électronique pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant :

- une base de temps interne (24) comprenant un oscillateur (26) de mesure du temps et un circuit d'horloge (28), l'oscillateur de mesure du temps ayant une fréquence propre (Fosc) et étant agencé pour fournir un signal périodique de mesure du temps (Sosc) ayant la dite fréquence propre (Fosc), le circuit d'horloge (28) étant agencé pour recevoir le signal de mesure du temps (Sosc) et pour fournir un signal d'horloge (Sh) ayant la fréquence moyenne de marche (Fhor),

- un circuit de réglage (32) de la fréquence moyenne de marche (Fhor) comportant une mémoire (33) stockant au moins le dit paramètre constant, le circuit de réglage étant agencé pour inhiber, par période d'inhibition prédéfinie et en fonction d'au moins le paramètre d'inhibition constant, une ou plusieurs périodes dans la génération d'un signal périodique interne (Sint) au circuit d'horloge intervenant dans la génération du signal d'horloge (Sh) de manière que la fréquence moyenne de marche (Fhor) soit plus précise, le signal interne étant dérivé du signal de mesure du temps (Sosc),

**caractérisé en ce qu'il** comprend également un circuit d'auto-calibration (34) agencé pour, à partir d'un premier top externe et d'un deuxième top externe reçus d'un système externe et distants d'une durée de mesure (Tm) correspondant à un nombre de référence (Nref) de périodes de référence (Pref) pour un signal périodique de calibration (Scal) dérivé du signal de mesure du temps (Sosc) et ayant une fréquence de calibration (Fcal) égale à la dite fréquence propre ou à une fraction prédéterminée de la dite fréquence propre, déterminer un paramètre de calibration représentatif d'un rapport entre une période de calibration égale à l'inverse de la fréquence de calibration et la période de référence, puis déterminer une valeur du paramètre d'inhibition constant en fonction du paramètre de calibration, de la période de référence et de la période d'inhibition prédéfinie.

**16.** Dispositif électronique selon la revendication 15 comprenant également un circuit (16) de réception d'un signal externe de référence comprenant au moins le premier top (101, 201, 301) externe et le deuxième top (102, 202, 302) externe, le circuit de réception (16) étant agencé pour recevoir le signal externe de référence et transmettre le premier top externe et le deuxième top externe au circuit d'auto-calibration.

**17.** Dispositif électronique selon la revendication 15 ou 16 dans lequel le circuit d'auto-calibration (34) est relié à la base de temps interne (24) de la montre pour pouvoir recevoir le signal de calibration de l'oscillateur (26) de mesure du temps ou du circuit d'horloge (28).

**18.** Dispositif électronique selon l'une des revendications 15 à 17 dans lequel le circuit d'auto-calibration est également agencé pour pouvoir désactiver le circuit de réglage.

**19.** Dispositif électronique selon l'une des revendications 15 à 18 dans lequel le circuit d'auto-calibration (34) comprend un premier compteur agencé pour compter un nombre de périodes du signal de calibration entre le premier top externe et le deuxième top externe ou pour mesurer une durée prédéfinie (Tcal, T0) en comptant un nombre prédéfini (Nref, N0) de périodes du signal de calibration.

**20.** Dispositif électronique selon la revendication 19 dans lequel le premier compteur est également agencé pour :

- produire un troisième top (303) interne et un quatrième top (304) interne respectivement au début et à la fin de la mesure d'une durée de calibration (Tcal), ou
- produire un cinquième top (305) de test et un sixième top (306) de test respectivement au début et à la fin de la mesure d'une durée de test (T0).

**21.** Dispositif électronique selon l'une des revendications 15 à 20 dans lequel le circuit d'auto-calibration comprend également au moins un deuxième compteur agencé pour compter des périodes d'un signal HF haute fréquence :

- entre le premier top externe et le deuxième top externe, et / ou
- entre le troisième top interne et le quatrième top interne, et / ou
- entre le cinquième top de test et le sixième top de test, et / ou
- entre le premier top externe et un front actif du signal de calibration suivant le premier top externe, et / ou
- entre le deuxième top externe et un front actif du signal de calibration suivant le deuxième top externe.

**22.** Dispositif électronique selon l'une des revendications 19 à 21 dans lequel le circuit d'auto-calibration comprend également un circuit de calcul agencé pour déterminer le paramètre de calibration en fonction de périodes comptées par le premier compteur et / ou par le deuxième compteur.

**23.** Dispositif électronique selon l'une des revendications 21 à 22, comprenant également un générateur HF haute fréquence, en particulier un oscillateur de type RC, agencé pour produire le signal HF haute fréquence.

**24.** Dispositif électronique selon la revendication 23 en combinaison avec la revendication 19 dans lequel le premier compteur et / ou le deuxième compteur et / ou le générateur HF haute fréquence du circuit d'auto-calibration sont

## EP 3 627 243 A1

respectivement un premier compteur et / ou un deuxième compteur et / ou un générateur HF du microcontrôleur (21).

- 5      **25.** Dispositif électronique selon l'une des revendications 16 à 24 constitué d'un premier circuit intégré dans lequel sont encapsulés la base de temps interne (24) et le circuit de réglage (32), et d'un deuxième circuit intégré comprenant le circuit d'auto-calibration et un microcontrôleur.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

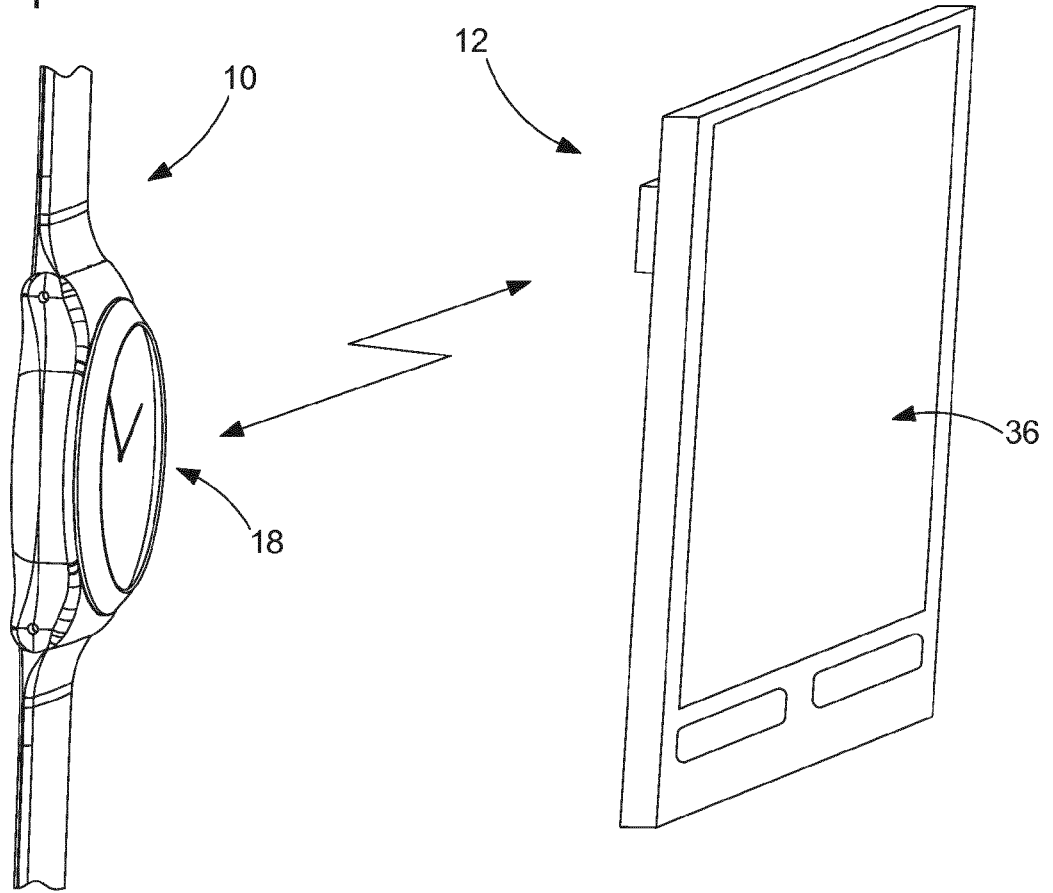
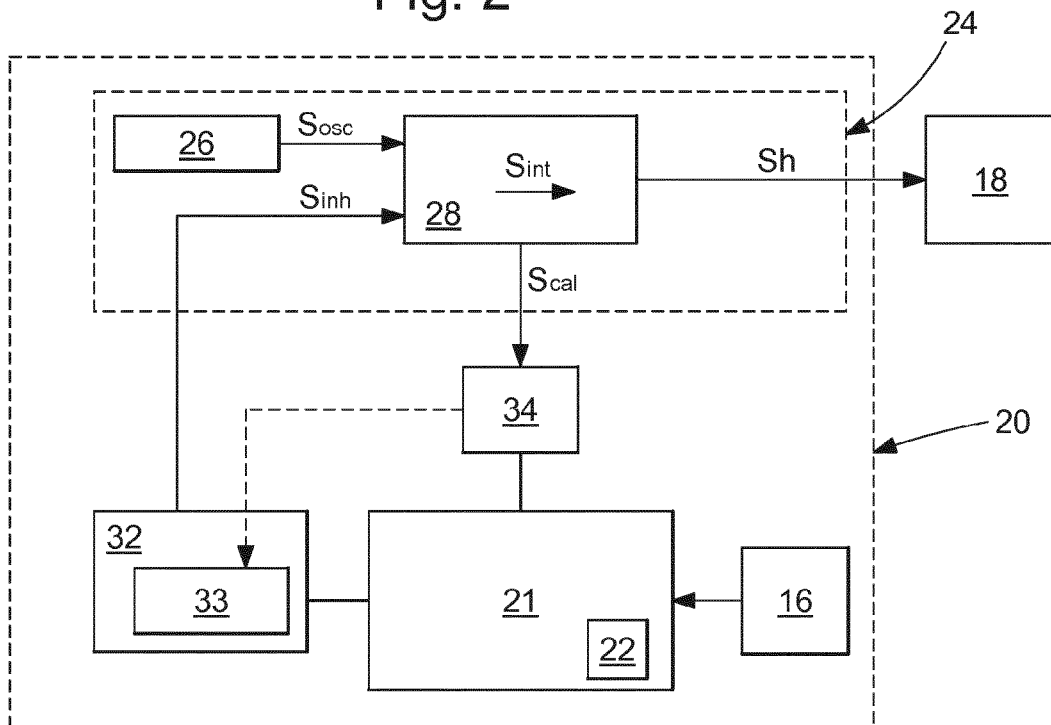


Fig. 2



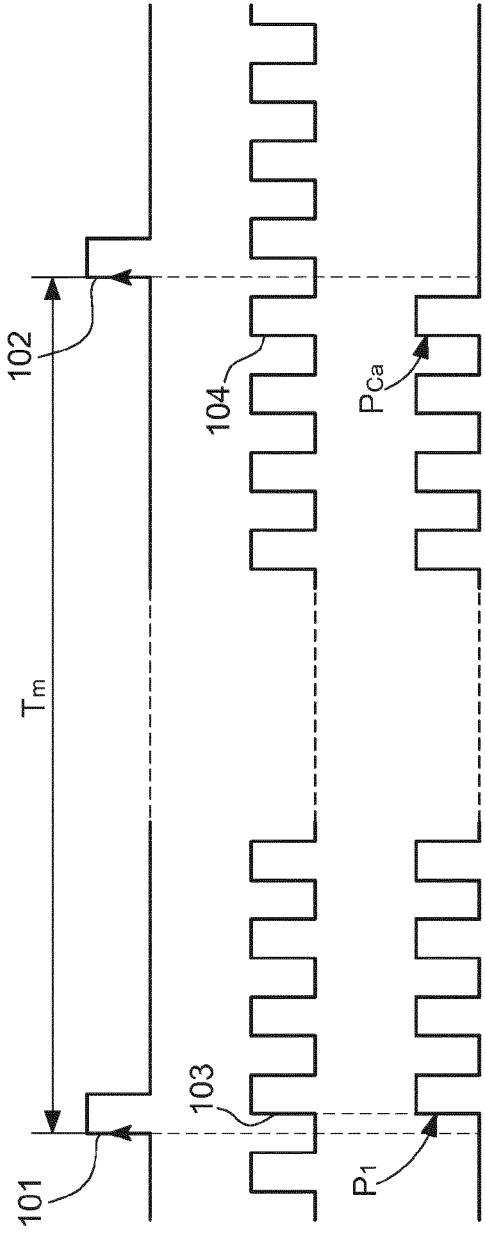


Fig. 3a

Fig. 3b

Fig. 3c

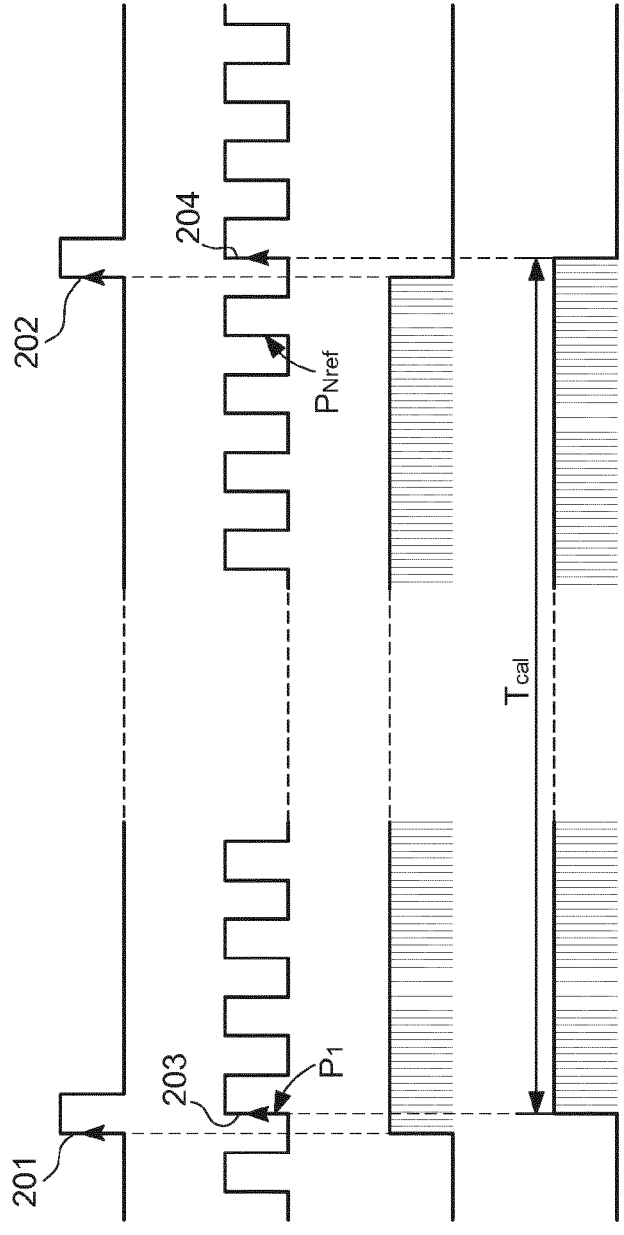


Fig. 4a

Fig. 4b

Fig. 4c

Fig. 4d

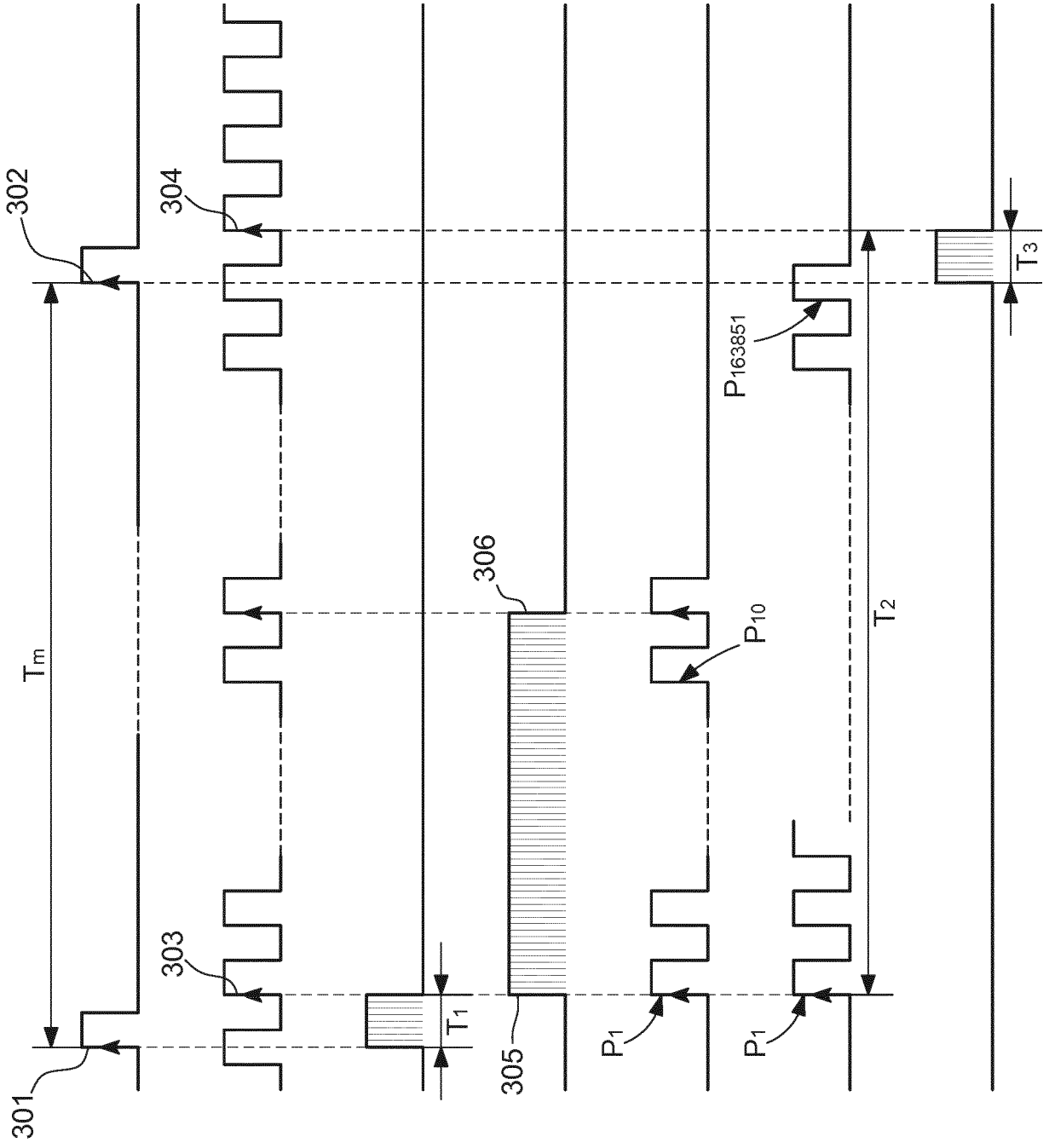


Fig. 5a

Fig. 5b

Fig. 5c

Fig. 5d

Fig. 5e

Fig. 5f

Fig. 5g



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 18 19 5819

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)
A	CH 707 285 A2 (EM MICROELECTRONIC MARIN SA [CH]) 30 mai 2014 (2014-05-30) * alinéa [0009] - alinéa [0013] * * alinéa [0015] - alinéa [0025] * * figures 1-4 *	1-25	INV. G04G5/02 G04D7/12
A	----- EP 3 168 695 A1 (ETA SA MFT HORLOGÈRE SUISSE [CH]) 17 mai 2017 (2017-05-17) * alinéa [0018] - alinéa [0041] * * figures 1-3 *	1-25	
A	----- EP 3 079 025 A1 (SEIKO EPSON CORP [JP]) 12 octobre 2016 (2016-10-12) * alinéa [0051] - alinéa [0061] * * figures 1,2 *	1-25	
	-----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04G G04F G04D
1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		26 février 2019	Goossens, Ton
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 18 19 5819

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.

26-02-2019

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CH 707285	A2	30-05-2014	AUCUN	
EP 3168695	A1	17-05-2017	CN 107015471 A	04-08-2017
			EP 3168695 A1	17-05-2017
			JP 6251356 B2	20-12-2017
			JP 2017090462 A	25-05-2017
			TW 201740230 A	16-11-2017
			US 2017139377 A1	18-05-2017
EP 3079025	A1	12-10-2016	CN 106054588 A	26-10-2016
			EP 3079025 A1	12-10-2016
			JP 2016200508 A	01-12-2016
			US 2016299475 A1	13-10-2016

EPO FORM P0460

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