



## EXPOSÉ D'INVENTION

Publié le 1<sup>er</sup> mars 1926

N° 113952

(Demande déposée: 23 août 1924, 7 h.)  
(Priorité: France, 26 septembre 1923.)

Classe 72 a

## BREVET PRINCIPAL

ÉTABLISSEMENTS LÉON HATOT, Paris (France).

**Procédé d'entretien des oscillations d'un balancier en synchronisme avec une émission périodique d'impulsions électriques.**

L'invention se rapporte à un procédé ayant pour objet d'entretenir les oscillations d'un balancier en synchronisme avec l'émission périodique d'impulsions électriques, une bobine fixe parcourue par un courant périodique dont la fréquence est réglée par un poste central agissant sur le balancier. Ce procédé peut être employé notamment pour la distribution de l'heure. Les balanciers récepteurs sont approximativement réglés de façon que la durée de leurs oscillations libres soit voisine de la période des émissions synchronisantes du poste central ou horloge-mère.

Dans des procédés connus d'actionnement de pendules réceptrices par synchronisation avec une horloge-mère, l'horloge-mère envoie périodiquement un courant dans la bobine du pendule à synchroniser. La période propre du pendule à synchroniser est sensiblement indépendante de l'amplitude. La bobine est reliée directement à la canalisation.

L'expérience montre que pour un balancier bien établi oscillant très librement, le travail résistant est extrêmement faible, si

bien que les impulsions motrices, compensant seulement les pertes, seraient trop faibles pour exercer une influence sensible sur la période propre du balancier à synchroniser. On doit par suite augmenter leur valeur.

Mais si, dans ces conditions, les impulsions synchronisantes s'exerçaient entièrement dans le sens du mouvement, l'amplitude pourrait devenir exagérée. Dans ce cas, il est donc indispensable d'amortir les oscillations du balancier par un dispositif absorbant une énergie croissant avec l'amplitude (freinage par courants de Foucault ou freinage électromagnétique).

Pour toutes ces raisons, on est conduit avec les procédés connus à dépenser une énergie électrique très supérieure à celle qui suffirait à entretenir les oscillations si l'on pouvait utiliser à la fois un pendule entièrement libre et des impulsions motrices se produisant toujours aux instants les plus favorables, c'est-à-dire lorsque le pendule passe au voisinage de la verticale (vitesse maximum).



La présente invention concerne un nouveau procédé permettant précisément d'obtenir la synchronisation sans dépenser une énergie supérieure à la valeur minimum suffisante pour assurer l'entretien du pendule, même si son amortissement est réduit à une valeur extrêmement faible. On peut de la sorte réduire l'intensité dépensée dans les anciens systèmes à une valeur plus de cent fois moindre.

Ce procédé consiste à utiliser un balancier oscillant sans amortissement artificiel et possédant une période propre variable avec l'amplitude dont la valeur moyenne est égale à la période des impulsions électriques synchronisantes. Ce balancier commande un interrupteur local intercalé entre la canalisation d'alimentation et une bobine agissant sur le balancier, interrupteur dont la fermeture périodique se produit un peu avant la fermeture des contacts synchronisants et l'ouverture un peu avant l'ouverture de ceux-ci. Ainsi tout manque de synchronisation entraîne automatiquement, du fait que les fermetures de l'interrupteur local se produisent plus ou moins tard par rapport à la fin des impulsions, une variation de l'énergie électrique reçue par le balancier, ce qui fait varier l'amplitude des oscillations et par suite leur période de manière à rétablir le synchronisme.

L'interrupteur local peut être constitué par un ressort à lame dont une des extrémités est solidaire d'un support fixe, disposé au voisinage de la suspension du balancier et dont l'autre extrémité vient en contact avec la tige du balancier et se trouve ainsi soulevée par cette dernière à chaque oscillation, ledit ressort étant guidé par une came de façon à ce que le couple de rappel du balancier vers la position d'équilibre ne soit pas proportionnel à l'amplitude et que la période du balancier décroisse lorsque l'amplitude augmente. Les impulsions d'entretien peuvent être transmises par une horloge-mère fermant périodiquement un circuit électrique comprenant une source d'électricité et une canalisation, les balanciers synchronisés étant reliés à la canalisation et commandant les rouages

actionnant les aiguilles; la transmission du courant pouvant aussi être effectués sans fil.

Ce procédé d'entretien peut encore être utilisé à la manœuvre d'un interrupteur chargé d'alimenter le circuit d'entretien des oscillations du balancier synchronisant. Il peut également être appliqué à la synchronisation d'un balancier relais par le balancier synchronisant, ce balancier relais commandant un compteur chronométrique et produisant par induction une force électromotrice alternative assurant l'entretien des oscillations du balancier de l'horloge synchronisante.

D'une manière générale, le procédé régularise l'amplitude des oscillations des balanciers synchronisés tout en assurant une parfaite stabilité de marche malgré les variations d'intensité des émissions et des résistances passives.

Dans ce qui va suivre on se placera à titre d'exemple dans le cas d'une installation ordinaire de distribution d'heure avec fil. Les pendules récepteurs commandent alors un train d'engrenages actionnant les aiguilles. Les dispositifs décrits pourront être utilisés dans des conditions analogues lorsque la transmission de l'énergie entre le poste central et les récepteurs horaires sera faite par un procédé de radio-communication.

Au dessin annexé:

Les fig. 1 et 1bis représentent schématiquement une installation de distribution de l'heure par pendules synchronisés établie conformément à l'invention;

La fig. 2 est un diagramme représentant les variations de la période propre du pendule que l'on se propose de synchroniser avec l'amplitude des oscillations.

Sur la fig. 1, le poste central comprend une pile  $S$  et un interrupteur  $I$ , manœuvré par l'horloge-mère (non représentée) de façon à établir à des intervalles de temps  $T$  des contacts électriques dont la durée est inférieure à  $\frac{T}{2}$ . (Cette durée peut, par exemple, être de  $\frac{T}{4}$  environ.)



L'organe moteur de chaque réceptrice est, par exemple, constitué par un pendule  $O$  muni d'un système électromagnétique moteur constitué par l'aimant  $A$ , solidaire du pendule et par la bobine  $B$ . Cette bobine est reliée au poste central par la canalisation  $F_1$ ,  $F_2$ , mais un interrupteur  $I_2$ , manœuvré par le pendule  $O$ , est intercalé dans le circuit de façon que la bobine ne soit alimentée en courant que lorsque  $I_1$  et  $I_2$  sont fermés simultanément. L'interrupteur  $I_2$  est constitué par le ressort à lame  $r$  entrant en contact avec la tige du pendule dans les demi-oscillations à gauche de la verticale. Pour la clarté de l'exposé qui suit, on supposera que la position de la lame au repos est telle que le contact se fasse au moment du passage par la verticale.

Il est essentiel de remarquer que ce contact peut être établi pour fonctionner sans amortir sensiblement le mouvement du pendule. En effet, l'énergie absorbée pour soulever le ressort  $r$  est restituée par celui-ci lorsqu'il revient à sa position initiale. La seule perte résulterait du frottement des pièces venant en contact. Or, on peut réduire le glissement de ces pièces l'une par rapport à l'autre en rapprochant le support du ressort du centre  $O$  d'oscillation du pendule.

Dans le cas envisagé, la pesanteur exerce un couple tendant à rappeler le pendule dans la position verticale. Ce couple est proportionnel à l'angle  $\alpha$  lorsque cet angle est faible: Lorsque le pendule oscille à gauche de la verticale, comme l'indique la fig. 1bis, le ressort  $r$  exerce un couple supplémentaire qui s'ajoute à celui de la pesanteur.

La loi de ce couple supplémentaire par rapport à l'angle  $\alpha$  serait de la forme  $K\alpha$ , si l'on avait une simple flexion, la flèche étant petite ( $K = \text{constante}$ ); mais on peut modifier cette loi en utilisant une came  $c$  établie de telle sorte que la longueur libre du ressort décroisse lorsque l'angle  $\alpha$  augmente. On peut obtenir de cette façon que le couple résultant rappelant le pendule vers la verticale croisse plus vite que la simple proportionnalité. On

sait que dans ce cas les oscillations libres cessent d'être isochrones. Elles ont une plus faible durée lorsque l'amplitude des oscillations est plus grande.

Si, par exemple, on porte en abscisse les vitesses  $V$  de l'aimant, lorsque le pendule passe par la verticale, et en ordonnées les durées  $U$  d'une oscillation complète (ou période propre), on obtient une courbe telle que celle qui est figurée en trait plein sur la fig. 2.

Pour obtenir la synchronisation par le procédé faisant l'objet de l'invention, on choisit la longueur du pendule synchronisé de façon que pour une vitesse  $V_1$ , correspondant à l'amplitude des oscillations que l'on désire obtenir, la période propre du pendule soit égale à la période  $T$  des fermetures de l'interrupteur  $I$  du poste central. Cette condition étant réalisée, les pendules récepteurs se mettent à osciller en synchronisme avec les émissions de l'horloge-mère. Un régime d'entretien très stable s'établit dans les conditions suivantes:

Le déphasage entre le mouvement du pendule récepteur et les impulsions synchronisantes est tel qu'à chaque oscillation en sens  $f$  le courant commence à passer lorsque l'interrupteur  $I_1$  se ferme, et s'interrompt lorsque l'interrupteur  $I_2$  s'ouvre. La valeur de ce déphasage se règle automatiquement de telle sorte que les durées de contact soient suffisantes pour entretenir les oscillations à une amplitude pour laquelle la période propre du pendule récepteur est égale à celle des impulsions synchronisantes.

On se bornera à fournir quelques explications théoriques de ce résultat en examinant ce qui se passe, lorsque par suite d'une augmentation accidentelle du voltage  $E$  de la pile ou d'une réduction des résistances passives, le travail moteur excède le travail résistant. Dans ce cas, le pendule récepteur tend à prendre une amplitude plus grande.

Les impulsions étant extrêmement faibles n'ont pas d'action immédiate et directe sur la période du pendule, période qui reste la même que si le pendule oscillait librement à la même amplitude, mais elles modifient à la



longue cette amplitude. Or, la courbe fig. 2 montre que l'augmentation d'amplitude envisagée entraîne une réduction de la période du mouvement et par suite une réduction du déphasage entre le mouvement et les impulsions. Les durées des contacts diminuent de même que le travail moteur, ce qui arrête l'augmentation d'amplitude et à la longue fait décroître celle-ci.

Finalement il s'établit un nouveau régime caractérisé par des durées du passage du courant plus courtes de telle sorte que le travail moteur moyen compense exactement le travail résistant. L'amplitude de régime reste telle que la période propre du pendule récepteur est égale à la période des impulsions synchronisantes.

On remarquera que les ruptures du courant se font sur les interrupteurs des récepteurs horaires et non sur le contact de l'horloge-mère  $I_1$ , ce qui est favorable à la bonne conservation de ce dernier. La dépense de courant est très faible, car les pendules récepteurs oscillent sans amortissement artificiel et ils reçoivent le courant lorsque la vitesse de déplacement de l'aimant est grande, ce qui permet d'obtenir un bon rendement électrique.

Le procédé ci-dessus décrit peut être appliqué à l'entretien des oscillations du pendule d'une horloge synchronisante relais par le pendule synchronisé. A cet effet ce dernier peut manœuvrer un interrupteur envoyant un courant intermittent dans une bobine agissant sur un aimant solidaire du pendule de l'horloge synchronisante. On peut aussi intercaler dans le circuit d'entretien de l'horloge synchronisante un ou plusieurs interrupteurs manœuvrés par le pendule de cette horloge synchronisante.

Pour appliquer le procédé décrit à l'entretien du pendule de l'horloge-mère, chargé de fermer périodiquement le contact  $I_1$ , on peut procéder de la façon suivante:

L'interrupteur  $I_1$  est commandé par le pendule de l'horloge-mère et il est réalisé d'une façon analogue à l'interrupteur  $I_2$ , ci-dessus décrit de manière à fonctionner en absorbant

un travail mécanique moyen extrêmement faible.

On utilise comme pendule synchronisé un pendule ayant, pour les faibles arcs, une période propre légèrement plus grande que celle du pendule de l'horloge-mère. Lorsque l'amplitude de ce pendule croît au delà d'une certaine valeur  $A$ , il frappe une butée élastique, ce qui entraîne une diminution de sa période propre qui devient plus faible que celle du pendule de l'horloge-mère.

On établit les organes moteurs de façon que la force électromagnétique s'exerçant sur le pendule synchronisé soit relativement élevée; par suite, lorsque le régime d'entretien est établi, les durées de passage du courant sont très courtes, grâce aux ruptures de courant assurées par l'interrupteur  $I_2$ , comme il a été dit au début du mémoire.

Ces conditions étant réalisées, l'expérience montre que le pendule synchronisé prend une amplitude très légèrement supérieure à la valeur  $A$ , et que cette amplitude et le déphasage sont très peu influencés par les variations de la pile et des frottements mécaniques.

Dans ces conditions, le pendule synchronisé peut: 1° effectuer un travail mécanique tel que la commande d'un compteur chronométrique; 2° fournir une force électromotrice périodique de valeur moyenne sensiblement constante, pouvant servir à entretenir les oscillations du pendule de l'horloge-mère. A cet effet, on disposera une bobine au voisinage de l'aimant du pendule synchronisé de façon qu'il s'y développe par induction une force électromotrice alternative. On reliera cette bobine aux extrémités d'une autre bobine disposée au voisinage d'un aimant solidaire du pendule de l'horloge-mère. Le courant induit dans la première bobine entretiendra les oscillations du pendule de l'horloge-mère.

#### REVENDEICATION :

Procédé d'entretien des oscillations d'un balancier en synchronisme avec une émission périodique d'impulsions électriques, caractérisé par le fait que le balancier oscillant sans amortissement artificiel possède une période



propre variable avec l'amplitude, la période propre moyenne étant égale à celle des impulsions électriques synchronisantes, et commande un interrupteur local intercalé entre la canalisation d'alimentation et une bobine agissant sur le balancier, interrupteur dont la fermeture périodique se produit un peu avant la fermeture des contacts synchronisants et l'ouverture un peu avant l'ouverture de ceux-ci, de telle sorte que tout manque de synchronisme entraîne automatiquement, du fait que les fermetures de l'interrupteur local se produisent plus ou moins tard par rapport à la fin des impulsions, une variation de l'énergie électrique reçue par le balancier, ce qui fait varier l'amplitude des oscillations et par suite leur période de manière à rétablir le synchronisme.

#### SOUS-REVENDEICATIONS :

1 Procédé d'entretien des oscillations d'un balancier suivant la revendication, caractérisé par le fait que l'interrupteur local est constitué par un ressort à lame dont une des extrémités est solidaire d'un support fixe, disposé au voisinage de la suspension du balancier et dont l'autre extrémité vient en contact avec la tige du balancier et se trouve ainsi soulevée par cette dernière à chaque oscillation, ledit ressort étant guidé par une came de façon à ce que le couple

de rappel du balancier vers la position d'équilibre ne soit pas proportionnel à l'amplitude et que la période du balancier décroisse lorsque l'amplitude augmente.

- 2 Procédé d'entretien suivant la revendication et la sous-revendication 1, caractérisé par le fait que les impulsions électriques sont transmises par une horloge-mère fermant périodiquement un circuit électrique comprenant une source d'électricité et une canalisation, les balanciers synchronisés étant reliés à la canalisation et commandant les rouages actionnant les aiguilles.
- 3 Procédé d'entretien suivant la revendication et la sous-revendication 1, caractérisé par le fait que le pendule synchronisé commande un interrupteur chargé d'alimenter le circuit d'entretien des oscillations du balancier de l'horloge synchronisante.
- 4 Procédé d'entretien suivant la revendication et la sous-revendication 1, caractérisé par le fait que le balancier synchronisé commande un compteur chronométrique et produit par induction une force électromotrice alternative assurant l'entretien des oscillations du balancier synchronisant.
- 5 Procédé d'entretien suivant la revendication, caractérisé par le fait que les impulsions sont transmises sans fil.

ÉTABLISSEMENT LÉON HATOT.

Mandataire: H. CHAPONNIÈRE, Genève.



