

MINISTÈRE DU COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE.

DIRECTION DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE.

BREVET D'INVENTION.

XII. — Instruments de précision, électricité.

1. — HORLOGERIE.

N° 583.331

Perfectionnements aux procédés et appareils de commande à distance avec fil ou sans fil, applicables notamment à la distribution de l'heure.

ÉTABLISSEMENTS Léon HATOT résidant en France (Seine).

Demandé le 26 septembre 1923, à 11 heures, à Paris.

Délivré le 29 octobre 1924. — Publié le 10 janvier 1925.

[Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'art. 11 § 7 de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.]

Le système faisant l'objet de l'invention se rapporte aux procédés ayant pour but d'entretenir les oscillations d'un balancier au moyen d'impulsions électromagnétiques s'exerçant entre un aimant solidaire du balancier et une bobine fixe (ou *vice versa*), la bobine étant parcourue par un courant périodique dont la fréquence est réglée par un poste central. Ces systèmes sont employés notamment pour la distribution de l'heure.

Dans de tels systèmes, on utilise des balanciers récepteurs dont les périodes propres sont rendues aussi voisines que possible de la période des émissions de courant. Les impulsions électromagnétiques sont chargées d'un double rôle :

1° Elles doivent fournir l'énergie motrice compensant les résistances diverses tendant à amortir les oscillations du balancier récepteur.

2° Elles doivent corriger la durée des oscillations que prendrait le balancier s'il était libre afin de lui imposer la période des émissions de courant fournies par le poste central.

25 Dans ce qui va suivre, on décrira le procédé et les appareils faisant l'objet de l'invention appliqués à titre d'exemple, à la distribution de l'heure au moyen de pendules.

Mais, bien entendu, l'invention n'est pas limitée à cette application.

Afin de préciser les différences essentielles existant entre le système faisant l'objet de l'invention et les systèmes analogues, employés jusqu'ici, on rappellera quelques propriétés des systèmes animés d'un mouvement pendulaire entretenu par une impulsion périodique.

Dans ces systèmes, lorsqu'ils oscillent librement, une impulsion s'exerçant au voisinage immédiat de la verticale est seulement susceptible de modifier l'amplitude, mais elle n'exerce pas d'influence sur la fréquence des oscillations. Au contraire, si l'impulsion est reçue par le balancier un certain temps avant ou après son passage par la verticale, elle a pour effet de réduire ou d'augmenter la période des oscillations.

Dans les anciens procédés 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. Pour que le courant d'entretien puisse corriger la période propre du pendule à synchroniser, il est

30

35

40

45

50

55

Prix du fascicule : 2 francs.

indispensable que l'impulsion se produise avant ou après la verticale et que cette impulsion soit relativement forte. En effet, si l'impulsion avait lieu à la verticale, il se produirait un décalage allant en croissant entre les impulsions et le mouvement du pendule récepteur : les impulsions deviendraient retardatrices ; il se passerait en somme un phénomène analogue à celui du « décrochage » bien connu des moteurs électriques synchrones.

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). La nécessité de ce freinage a été indiquée par le physicien Cornu dans son « mémoire sur la synchronisation par la méthode de Jones », mémoire présenté au congrès international des électriciens de 1894. (Cette méthode est employée de nos jours dans plusieurs observatoires).

Dans certains systèmes plus récents, on a profité de l'augmentation de la force contre-électromotrice induite dans la bobine pour réduire l'intensité absorbée par celle-ci au fur et à mesure que l'amplitude croît et éviter ainsi que cette amplitude ne devienne exagérée. Mais alors, lorsque l'on supprime tout amortissement, les effets correcteurs des impulsions seraient trop faibles si celles-ci s'exerçaient au voisinage de la verticale. Pour que la synchronisation reste assurée dans des conditions diverses et malgré certaines perturbations inévitables, il faut choisir la période propre du pendule à synchroniser un peu différente de celle des impulsions synchronisantes ; de façon que ces dernières se produisent, lorsque le régime est atteint, au voisinage des bouts d'oscillation.

Parfois même on produit l'impulsion aux

extrémités de l'oscillation, de façon à ce qu'elle s'exerce partiellement en sens inverse du mouvement et qu'elle produise ainsi une modification de la période relativement considérable avec un travail utile très faible.

Il y a lieu de remarquer que lorsque l'impulsion se produit dans le sens du mouvement et que la vitesse est très faible, il est impossible d'établir économiquement les organes électromagnétiques moteurs et de plus le rendement est généralement très mauvais. (On sait en effet que le rendement d'un moteur magnéto-électrique est égal à  $\frac{e}{E}$ , quotient de la force contre-électromotrice  $e$  induite dans la bobine (nulle en même temps que la vitesse) par la tension  $E$  d'alimentation).

Pour toutes ces raisons, on est conduit, dans les systèmes précédents, 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.

La quantité d'électricité absorbée par seconde est de l'ordre du microcoulomb, de sorte que le système se prête particulièrement à la commande des récepteurs par radiocommunication. Il suffit pour cela de disposer d'un émetteur de télégraphie sans fil ou poste central et de munir chaque horloge secondaire de récepteurs de T. S. F. dont la réalisation peut être très simplifiée, le fonctionnement ne nécessitant qu'une puissance extrêmement faible de l'ordre de celle qui est décelée par le téléphone. On peut aussi utiliser les canalisations ordinaires servant à la distribution d'énergie pour conduire les ondes hertziennes suivant les procédés déjà en usage.

Des moyens sont prévus pour actionner les aiguilles de grande dimension en évitant l'em-

ploi d'amplificateurs de T.S.F. toujours délicats et compliqués.

Le système permet en outre de supprimer la détérioration du contact de l'horloge mère et de régulariser l'amplitude des oscillations des pendules synchronisés tout en assurant une parfaite stabilité de marche malgré les variations d'intensité des émissions et des résistances passives.

- 10 Diverses applications spéciales sont envisagées : notamment l'entretien autonome de pendules de très haute précision et l'entretien de récepteurs horaires munis d'un dispositif leur permettant de fonctionner par leurs propres moyens en cas de suppression du courant de commande émis périodiquement par le poste central.
- 15 On a aussi prévu l'application de l'invention à la réalisation d'un nouveau relais mécanique très sensible.

Par analogie, on peut prévoir l'application de ces procédés d'entretien des oscillations mécaniques, à des oscillations électriques telles que celles qu'on utilise en radiotélégraphie.

D'une façon générale, l'invention se rapporte à des systèmes comportant un organe oscillant ou balancier récepteur présentant la particularité d'être rappelé vers la position d'équilibre par un couple non proportionnel à l'angle de rotation compté à partir de cette position d'équilibre ; ce balancier est muni d'un dispositif électromagnétique moteur dont la bobine est reliée au dispositif central d'émission par l'intermédiaire d'un interrupteur manœuvré par le balancier ; le tout est combiné pour obtenir que l'énergie reçue par le balancier varie avec le déphasage du mouvement par rapport aux instants d'envoi des émissions synchronisantes et que toute modification de l'énergie, se traduisant par une modification d'amplitude, entraîne une variation de la période du mouvement et par suite du déphasage.

Dans les anciens systèmes la stabilité de marche en synchronisme est due à ce que tout accroissement du décalage du mouvement sur l'impulsion synchronisante a cette conséquence que les fortes impulsions entraînent une modification variable de la période qu'aurait le pendule s'il oscillait librement.

Dans le nouveau système, les faibles impulsions ne modifient pas la période qu'aurait

le pendule s'il oscillait librement à la même amplitude. Mais tout accroissement du décalage entraîne une variation importante de l'énergie reçue par le pendule et tend par suite à modifier l'amplitude, ce qui a pour effet d'entraîner une variation de la période propre limitant l'accroissement de décalage et maintenant la marche en synchronisme.

60

Dans ce qui va suivre, on se placera seulement dans le cas d'une installation ordinaire de distribution d'heure avec fil. Les systèmes 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 radiocommunication.

Au dessin annexé :

Les fig. 1 et 1 bis représentent schématiquement une 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.

Les fig. 3, 4, 5, 6 et 7 sont des diagrammes représentant : 1° la courbe des vitesses du pendule synchronisé par rapport au temps (fig. 3); 2° les époques d'ouverture et de fermeture de l'interrupteur commandé par l'horloge-mère (fig. 4); 3° les époques d'ouverture et de fermeture de l'interrupteur manœuvré par le pendule synchronisé (fig. 5); 4° la courbe des forces contre-electromotrices d'induction en fonction du temps pour le régime normal (fig. 6); 5° la courbe précédente en régime troublé (fig. 7).

La fig. 8 représente schématiquement l'application d'un pendule synchronisé conforme à l'invention, à la commande de l'interrupteur du circuit d'entretien de l'horloge-mère, celle-ci étant simplement munie de l'interrupteur de commande du pendule synchronisé.

95

La fig. 9 représente schématiquement l'application d'un pendule synchronisé pour alimenter le circuit d'entretien de l'horloge-mère, celle-ci étant munie de l'interrupteur de commande du pendule synchronisé et d'un interrupteur fonctionnant pendant les courses dans les deux sens, ce dernier interrupteur coopérant avec un autre interrupteur manœuvré par le pendule synchronisé.

La fig. 10 représente schématiquement une installation de distribution d'heure dont l'interrupteur de commande est manœuvré par un pendule synchronisé par des émissions radiotélégraphiques, ledit pendule étant établi pour dépenser une puissance extrêmement faible.

La fig. 11 représente schématiquement une disposition permettant d'obtenir qu'un pendule synchronisé fonctionne par ses propres moyens en cas d'interruption des impulsions synchronisantes.

La fig. 12 représente schématiquement une disposition permettant d'utiliser un pendule synchronisé comme relais mécanique extrêmement sensible.

Sur la fig. 1, le poste central comprend une pile S et un interrupteur  $I_1$  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  $\frac{1}{2}$  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 (on verra plus loin qu'on peut trouver avantage à fermer le contact  $I_2$  pendant une durée supérieure à  $\frac{T}{2}$ ).

Il est essentiel de remarquer que ce contact peut être établi pour fonctionner sans amortir le mouvement du pendule. En effet, l'énergie absorbée pour soulever le rapport 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 sur l'autre en rapprochant le support du ressort du centre O d'oscillation du pendule. (On connaît d'ailleurs divers modes de réalisation d'interrupteurs de ce genre permettant d'éviter tout frottement et de supprimer ainsi toute perte d'énergie). 55

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  $a$  lorsque cet angle est faible. 60 Lorsque le pendule oscille à gauche de la verticale, comme l'indique la fig. 1 bis, 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  $a'$  serait de la forme  $Ka'$ , 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  $a'$  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. 75

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. 85

Pour analyser les conditions du fonctionnement, on imaginera que le pendule oscille à l'amplitude correspondante de la vitesse maximum V, sa période propre est égale à T et le pendule marche en synchronisme avec l'interrupteur  $I_1$ . 95

Si on prend pour origine l'instant auquel le pendule passe par la verticale dans le sens f, la vitesse est à cet instant  $V_1$ , la courbe

représentative des vitesses en fonction du temps est représentée sur la fig. 3. Sur la fig. 4, on a représenté en gros trait les temps pendant lesquels l'interrupteur  $I_1$  est fermé (on a conservé la même origine). Sur la fig. 5, on a représenté en gros traits les temps pendant lesquels l'interrupteur  $I_2$  est fermé.

Soit  $F$  le flux magnétique moyen produit par l'aimant et traversant les  $n$  spires de la bobine  $B$ , soit  $x$  le déplacement de l'aimant compté à partir d'une origine quelconque. Si l'intensité traversant la bobine ne modifie pas sensiblement le flux magnétique de l'aimant (ce qui est le cas pour les systèmes électromagnétiques de pendules bien établis), on peut écrire que la force contre-électromotrice maximum  $e$  induite dans la bobine par suite du déplacement de l'aimant par rapport aux spires de la bobine  $B$  est égale à :

$$e = n \frac{dF}{dt} = n \frac{dF}{dx} \times \frac{dx}{dt} = n \frac{dF}{dx} \times V_1,$$

$\frac{dF}{dx}$  dépend uniquement de l'aimant employé.

Si cette dérivée est maximum lorsque le pendule passe par la verticale, la courbe représentative de la force contre-électromotrice a l'allure de celle qui est tracée fig. 6. Elle est maximum et nulle en même temps que la vitesse.

Soit  $E$  la tension d'alimentation de la bobine lorsque les interrupteurs  $I_1$  et  $I_2$  sont fermés simultanément.

Le pendule passe par la verticale dans le sens  $f$   $t$  secondes après la fermeture de  $I_1$ . Supposons que :

$$t < \frac{T}{4}.$$

Les temps pendant lesquels la bobine est alimentée par la pile  $S$  sont représentés en gros traits sur l'axe  $Ot$  (fig. 6).

Si  $R$  est la résistance de la bobine, l'intensité la traversant est égale à :

$$i = \frac{E - n \frac{dF}{dt}}{R}.$$

Si l'on trace la droite  $PQ$  représentant la tension  $E$  existant entre les fils  $F_1$  et  $F_2$ , l'intensité à chaque instant est représentée à l'échelle  $\frac{1}{R}$  par la différence entre  $E$  et l'ordonnée de courbe fig. 6.

Les quantités d'énergie électrique fournies

pendant les émissions de courant sont chacune égales à :

$$\int_0^t idt.$$

Elles sont représentées sur la figure 6 par 50 aires hachurées. Pour un système bien construit fonctionnant à un rendement électrique voisin de l'unité, chacune des aires hachurées représente le travail moteur par période.

55

Pour que le mouvement se continue dans ces conditions, il suffit que ce travail moteur soit égal au travail résistant par période. On peut évidemment choisir le bobinage  $B$  et le temps  $t$  (qui constitue en quelque sorte le décalage du mouvement par rapport à la fermeture de  $I_1$ ) pour que cette condition soit remplie. Le raisonnement qui précède montre que le régime ainsi défini est possible.

La théorie et l'expérience montrent également que ce régime est stable.

On se bornera à fournir quelques explications théoriques de ce résultat en examinant ce qui se passe pour diverses perturbations :

1° Si on suppose que par suite d'une augmentation de  $E$  ou d'une réduction des résistances passives, le travail moteur excède le travail résistant, dans ce cas le système tend à prendre une amplitude plus grande.

On a vu que les impulsions se produisent au voisinage de la verticale. Ces impulsions sont d'autre part supposées extrêmement faibles, puisqu'elles équilibreront des résistances passives excessivement réduites, le pendule oscillant librement. Par suite ces impulsions ne modifient pas la période du pendule, période qui reste la même que si le pendule oscillait librement à la même amplitude.

La courbe fig. 2 montre que l'augmentation d'amplitude envisagée entraînera une réduction de la période du mouvement, et par suite une réduction du décalage  $t$  (ce qui est facile à voir sur les fig. 4, 5 et 6). Dans ces conditions le travail moteur décroît, ce qui arrête l'augmentation d'amplitude et, à la longue, fait décroître celle-ci, car tant que l'amplitude est supérieure à la valeur correspondant à  $V_1$ , on a  $U < T$ , de sorte que les durées de passage de courant deviennent de plus en plus faibles. Mais si l'amplitude baisse au-dessous de la valeur correspondant à  $V_1$

ou à  $U > T$ , de sorte que les durées  $t$  augmentent, de même que le travail moteur, on conçoit qu'après quelques « battements », le système tendra à prendre un nouveau régime caractérisé par l'amplitude correspondant à  $V_3$ , et par un certain décalage  $t'$  tel que le travail moteur compensera exactement le travail résistant par période.

2° Si on envisage maintenant le cas d'une perturbation amenée par la modification de la période propre du pendule (par exemple perturbation provoquée par la dilatation de la tige du pendule), — la période propre en fonction de la vitesse maxima est représentée sur la fig. 2 par la courbe en pointillé.

Considérons le système oscillant dans les anciennes conditions, les courbes des diverses grandeurs étant représentées sur la fig. 7. Supposons que la perturbation ci-dessus se produise à l'instant correspondant au point R. La période du mouvement devient  $U'_1 > T$ . On voit que le travail moteur, au contact suivant, augmente. Ce travail est représenté par l'aire hachurée Q. Il s'ensuit que ce travail excède les résistances passives et que l'amplitude augmente. Mais la courbe fig. 2 montre que la période propre diminuera aussitôt. On verrait comme plus haut que le pendule prendra un régime stable caractérisé par une nouvelle amplitude correspondant à la vitesse  $V_3$  pour laquelle la période propre du pendule est égale à  $T$  et par un certain décalage  $t''$  pour lequel le travail moteur compensera le travail résistant.

35 On voit que le procédé d'entretien que l'on vient de décrire permet d'obtenir les résultats suivants :

1° On peut obtenir une excellente stabilité de marche malgré la suppression de tout amortissement.

2° L'impulsion se produit à l'instant le plus favorable pour l'obtention d'un bon rendement du système électromagnétique moteur, de sorte que l'énergie électrique absorbée produira le maximum d'effet utile.

Cette énergie est même notablement inférieure à celle que l'on dépense dans les horloges électromagnétiques indépendantes. Dans ces pendules, en effet, le balancier doit manœuvrer un interrupteur ne se fermant que dans les courses dans un seul sens. Le fonctionnement des dispositifs mécaniques com-

plexes permettant d'obtenir ce résultat s'accompagne de pertes relativement très élevées par rapport aux autres causes d'amortissement.

Au contraire le contact  $I_2$  tout en étant très appuyé ne prend aucune énergie appréciable.

3° L'interruption du courant se fait sur les interrupteurs des récepteurs horaires et non sur le contact de l'horloge-mère  $I_1$ . On sait que dans les autres systèmes, ce contact est très difficile à établir car il doit couper l'intensité totale absorbée par les récepteurs. Sa détérioration entraîne l'arrêt de toute l'in- stallation.

4° L'amplitude des oscillations se maintient à une valeur sensiblement constante, malgré les perturbations causées par les variations de la pile et des résistances passives et même le déréglage des pendules synchronisés. La sûreté de fonctionnement est par suite très grande.

Bien entendu diverses variantes peuvent être apportées aux modes de réalisation des organes. On peut employer d'autres moyens que celui de la came c (fig. 1) pour supprimer l'isochronisme. Les interrupteurs peuvent être réalisés autrement. On peut aussi disposer le ressort  $r$  de telle sorte que le contact  $I_2$ , lorsque le pendule se déplace en sens inverse de la flèche f, commence un peu avant la verticale. Dans ce cas, le contact  $I_2$  est fermé lorsque le pendule est au repos. Lorsque ce dernier est branché sur la canalisation  $F_1, F_2$ , il se met en marche de lui-même, car le système se comporte alors comme si la bobine était directement alimentée par la canalisation. Au départ le fonctionnement a lieu comme dans les anciens systèmes, ce n'est que lorsque l'amplitude dépasse une certaine valeur que le fonctionnement se fait comme décrit ci-dessus.

Le contact  $I_3$  de l'horloge-mère commandant les pendules synchronisés, peut être réalisé comme l'interrupteur  $I_2$ . (Bien entendu on peut supprimer la came c.)

La fig. 8 représente schématiquement une disposition permettant d'obtenir l'entretien du pendule  $O_2$  de l'horloge-mère sans autre contact que  $I_3$ .

Ce dernier contact peut être utilisé pour actionner au moyen de la pile  $S_1$ , un pendule synchronisé  $O_1$ . Ce pendule prend un mou-

vement déphasé d'environ  $1/4$  de période par rapport à celui de  $O_2$ . Dans ces conditions le pendule synchronisé peut être muni d'un contact à ressort  $I_4$  assurant l'alimentation de la bobine  $B_2$  d'entretien du pendule  $O_2$  grâce à la pile  $S_2$ .

Un tel système peut être établi en supprimant tout mécanisme et en évitant tous les frottements susceptibles de nuire à la régularité de marche de l'horloge-mère.

L'horloge-mère peut aussi être munie d'un contact tel que  $I_5$  (fig. 9), fonctionnant à chaque passage par la verticale dans les deux sens et le pendule synchronisé peut être muni d'un contact  $I_4$  en série avec l'interrupteur  $I_5$  dans le circuit comprenant la pile  $S_2$  et la bobine  $B_2$  d'entretien du pendule de l'horloge-mère.

L'intérêt de cette dernière disposition résulte principalement du fait qu'il est relativement facile d'établir des interrupteurs du genre  $I_5$ , fonctionnant avec une dépense minimale d'énergie et n'apportant aucune perturbation dans la marche de l'horloge. (Dans les systèmes courants d'entretien, on emploie des dispositifs d'interrupteurs permettant d'éviter tout contact électrique dans les courses d'un certain sens. Ces systèmes sont délicats et compliqués; ils absorbent plus d'énergie et nuisent en général à la régularité des oscillations. Les systèmes représentés fig. 8 et 9 suppriment ces inconvénients et permettent d'atteindre une très haute précision dans la mesure du temps.)

La fig. 10 représente un schéma d'installation d'une distribution de l'heure par ondes hertziennes.

On a figuré en R un récepteur quelconque de radiotélégraphie. Ce récepteur fournit toutes les T secondes des émissions de courant redressé. On entretient de la sorte les oscillations du pendule synchronisé  $O_1$ . Ce pendule synchronisé peut actionner directement les aiguilles d'une horloge réceptrice ou bien encore servir uniquement de relais pour actionner par synchronisation, ou par tout autre moyen, des horloges secondaires  $O_2$ ,  $O_3$ , etc. Cette commande se fait grâce au contact  $I_1$ , et à la source auxiliaire  $S_2$ .

Grâce à cette disposition, on peut réduire considérablement les facteurs d'amortissement du pendule O. L'énergie nécessaire à son

entretien est alors extrêmement réduite; elle peut être fournie par un simple redressement des oscillations de l'antenne, de sorte que l'on évite les amplificateurs compliqués auxquels on a recours habituellement pour renforcer la réception en T. S. F.

Bien entendu la télécommande du poste central aux récepteurs horaires peut être réalisée par l'un quelconque des procédés appliqués en radiotélégraphie. On peut notamment utiliser un émetteur de télégraphie sans fil dans une station centrale et l'on peut se servir des canalisations d'énergie déjà existantes comme conducteurs d'ondes hertziennes. Les postes récepteurs seront alors munis d'antennes très petites au voisinage des lignes de transmission d'énergie.

La fig. 11 représente schématiquement une disposition applicable aux récepteurs horaires dans le but d'éviter leur arrêt en cas d'interruption du courant périodique émis par le poste central.

Le pendule reçoit des impulsions périodiques grâce à la bobine  $B_1$  reliée à la canalisation de la source  $S_1$  par l'intermédiaire de l'interrupteur  $I_1$  comme dans le système précédemment décrit. On dispose une seconde bobine  $B_2$  susceptible d'agir sur l'aimant A. Cette bobine  $B_2$  est intercalée dans un circuit comprenant la source auxiliaire  $S_2$  et l'interrupteur  $I_3$  fermant le circuit pendant un instant chaque fois que le pendule passe par la verticale dans le sens  $f$ . On peut utiliser un quelconque des dispositifs couramment employés dans les pendules électromagnétiques indépendantes (le mode de réalisation figuré est seulement donné à titre d'exemple).

Les bobines  $B_1$  et  $B_2$  sont établies pour que, dans le fonctionnement normal, l'énergie fournie par la source  $S_2$  soit relativement faible, par suite de la force contre-électromotrice induite dans la bobine  $B_2$  par le déplacement de l'aimant A. Lorsque la bobine  $B_1$  reçoit une intensité périodique normale, tout se passe donc comme si le circuit auxiliaire n'existe pas et si le travail résistant était diminué du travail moteur fourni par la source  $S_2$ . Le pendule est synchronisé par le contact périodique  $I_1$ .

En cas d'interruption du courant fourni par le poste central, l'amplitude baisse; la force contre-électromotrice induite dans la

bobine  $B_2$  devient plus faible, de sorte que le courant fourni par la source  $S_2$  est plus élevé. L'horloge fonctionne d'une façon indépendante, entretenue par la source  $S_2$ .

5 L'horloge secondaire marche ainsi par ses propres moyens jusqu'à ce que les émissions du poste central soient rétablies.

Les divers dispositifs décrits dans tout ce qui précède peuvent être appliqués à la réalisation de réseaux horaires aussi étendus qu'on le veut. Le poste central peut commander par radiocommunication un certain nombre de postes constituant des centres secondaires de distribution. Les horloges synchronisées commandant les réseaux secondaires seront avantageusement munies de dispositifs tels que celui représenté fig. 11 pour éviter tous risques d'arrêt en cas de mauvais fonctionnement du poste central.

10 Les récepteurs synchrones faisant l'objet de l'invention, peuvent être utilisés comme relais ordinairement au repos et n'entrant en mouvement que lorsque leurs bobines reçoivent des courants d'une périodicité déterminée.

15 De tels relais possèdent l'avantage d'être d'une très grande sensibilité tout en étant d'une réalisation très facile. On peut en outre effectuer une commande exigeant une énergie relativement élevée; par exemple lorsque le pendule aura pris progressivement une certaine amplitude sous l'influence des émissions périodiques synchrones, on pourra utiliser en un temps très court toute l'énergie cinétique ou potentielle accumulée lentement pour commander un organe avec lequel le pendule viendra brusquement en contact.

20 Un exemple de cette disposition est représenté sur la fig. 12. Sous l'influence d'une excitation périodique déterminée dont l'intensité peut être extrêmement faible, le balancier entre en oscillation et prend une amplitude de plus en plus grande. Au bout d'un moment la dent  $d$ , portée par le balancier, vient accrocher le cliquet  $c$  solidaire du levier  $L$  mobile autour de  $O_2$ . L'énergie potentielle acquise lentement par le balancier peut ainsi être utilisée pour imprimer brusquement au levier  $L$  un déplacement dans le sens  $f$  avec une force relativement grande.

25 Un tel système peut être notamment utilisé pour effectuer la remise à l'heure d'une horloge au moyen de signaux de radiotélégraphie

tels que les « battements pendulaires » constitués par une série de points à une fréquence correspondant à celle du pendule-relais pour l'amplitude moyenne. La manœuvre du levier  $L$  peut être utilisée pour établir un courant dans le circuit d'un dispositif de remise à l'heure de l'horloge, dispositif dont on connaît déjà de nombreuses formes d'exécution.

30 Bien entendu diverses modifications et adjonctions peuvent être apportées aux dispositifs ci-dessus décrits tout en restant dans le cadre de l'invention. Le nouveau procédé de synchronisation peut être appliqué à tout système oscillant, pendule, lame vibrante, balancier circulaire équilibré, associé à un ressort. Dans ce dernier cas, la forme du ressort peut être choisie pour obtenir une loi convenable pour la période propre d'oscillation en fonction de l'amplitude. On peut aussi utiliser un balancier avec ressort spiral réalisé comme ceux des chronomètres, mais en laissant un certain jeu entre les goussons de la raquette de façon qu'au delà d'une certaine rotation, de part et d'autre de la position d'équilibre, la longueur active du spiral se trouve raccourcie.

#### RÉSUMÉ :

1° Procédé d'entretien d'un système oscillant en synchronisme avec la fermeture périodique d'un interrupteur par un procédé analogue à celui décrit dans le mémoire sur la synchronisation par la méthode de Jones. (Cornu compte rendu du congrès international des électriques de 1894), mais avec les différences essentielles suivantes :

a) Les balanciers synchronisés oscillent sans amortissement.

b) Ils sont établis de manière à posséder une période propre variable avec l'amplitude, la période propre moyenne étant égale à celle des fermetures de l'interrupteur de commande.

c) Ils commandent un interrupteur intercalé entre la canalisation d'alimentation et la bobine du système électromagnétique moteur.

d) Les différents acteurs entrant en jeu sont établis pour que tout écart entre la période de la force synchronisante et la période du mouvement entraîne automatiquement une variation de l'énergie électrique reçue par ce balancier et par suite une variation d'amplitude et de période propre corri-

geant ledit écart et assurant ainsi la stabilité et la marche en synchronisme.

- 2° Pendule entretenu synchronisé par le procédé suivant 1°, l'interrupteur étant constitué par un ressort à lame dont une des extrémités est solidaire d'un support fixe, disposé au voisinage de la suspension du pendule et dont l'autre extrémité vient en contact avec la tige du pendule 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 pendule vers la position d'équilibre ne soit pas proportionnel à l'angle et que la période du pendule décroisse lorsque l'amplitude augmente.
- 3° Distribution de l'heure par application du procédé d'entretien suivant 1°, et du pendule suivant 2°, au moyen d'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 effectuée par radiotélégraphie.
- 4° Application d'un pendule synchronisé

suivant 1° et 2°, pour la manœuvre d'un interrupteur chargé d'alimenter le circuit d'entretien des oscillations du pendule de l'horloge-mère (ou de coopérer à cette alimentation). 30

5° Commande d'un réseau secondaire d'horloges réceptrices par application d'un pendule synchronisé par le poste central.

6° Pendule synchronisé par un poste central muni d'un circuit auxiliaire d'entretien comprenant une pile, une bobine et un interrupteur permettant d'assurer le fonctionnement autonome du pendule en cas de suppression de la force périodique synchronisante. 35

7° Relais mécanique constitué par un pendule synchronisé entrant en oscillation pour une excitation d'une période bien déterminée, l'énergie cinétique ou potentielle acquise lentement pouvant être utilisée brusquement pour produire un effet d'une intensité relativement grande, et application de ce dispositif à la remise à l'heure des horloges. 45

#### ÉTABLISSEMENTS LÉON HATOT.

Par procuration :

DE CARSALADE et REGIMBEAU.

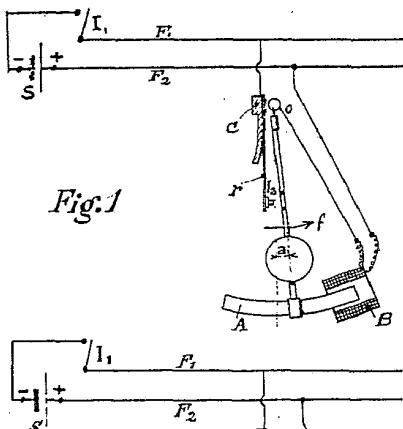


Fig. 1

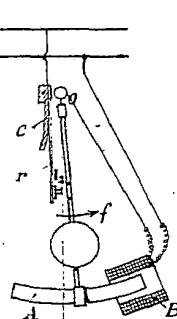


Fig. 1 bis

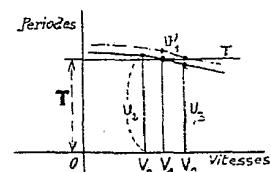


Fig. 2

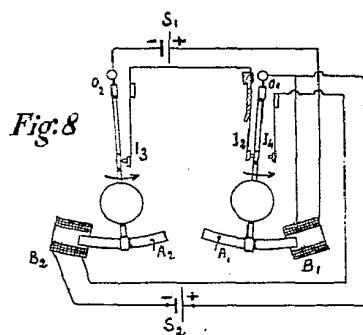
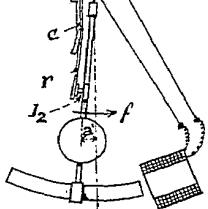


Fig. 8

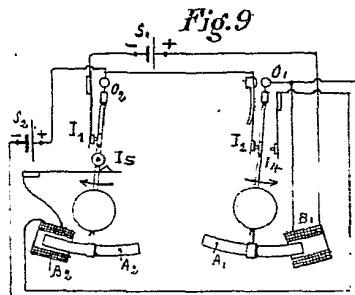


Fig. 9



Pl. unique

Fig. 3

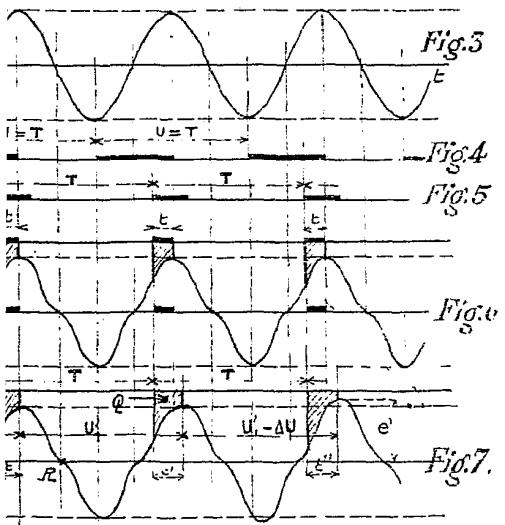


Fig. 4

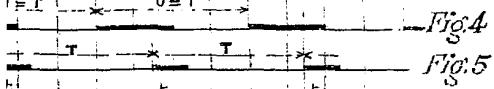


Fig. 5

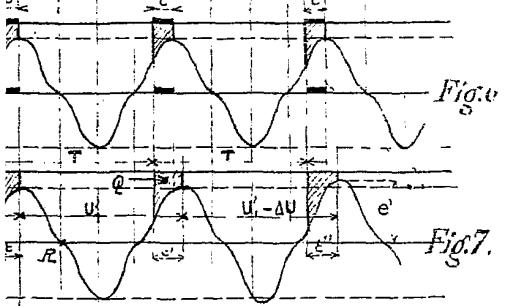


Fig. 6

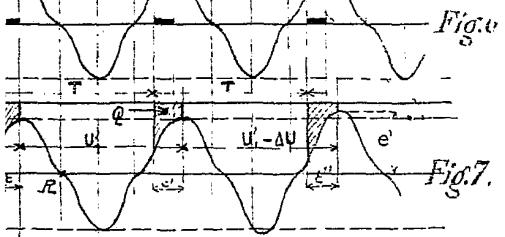


Fig. 7.

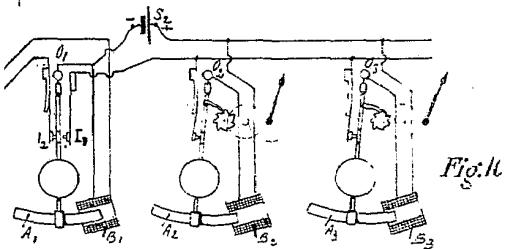
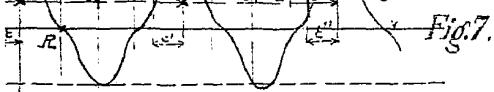


Fig. 8

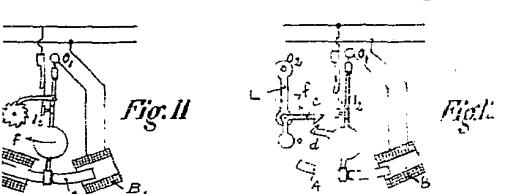


Fig. 9



Fig. 10

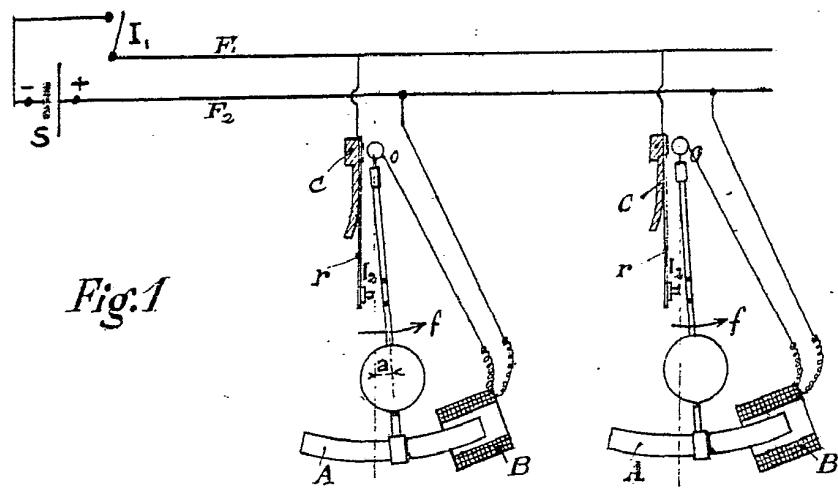


Fig. 1

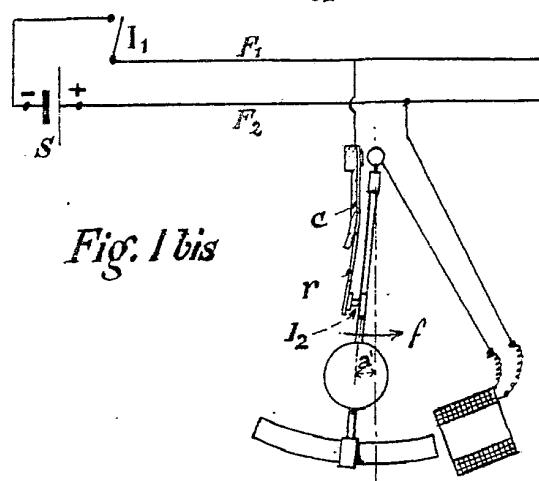


Fig. 1 bis

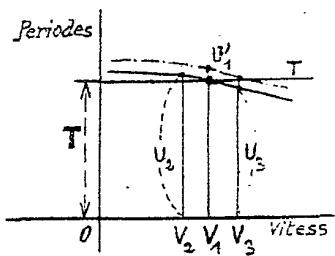


Fig. 2

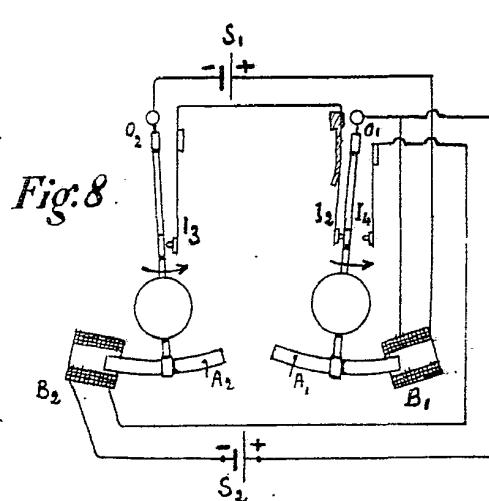


Fig. 8

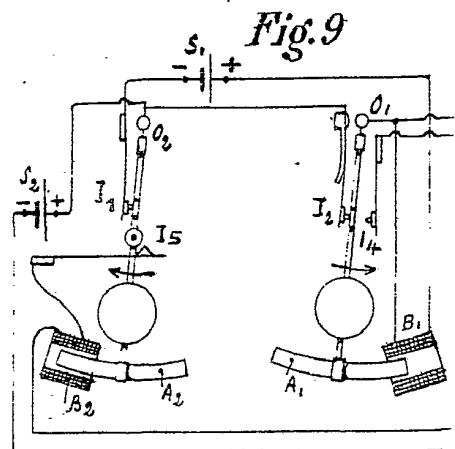


Fig. 9

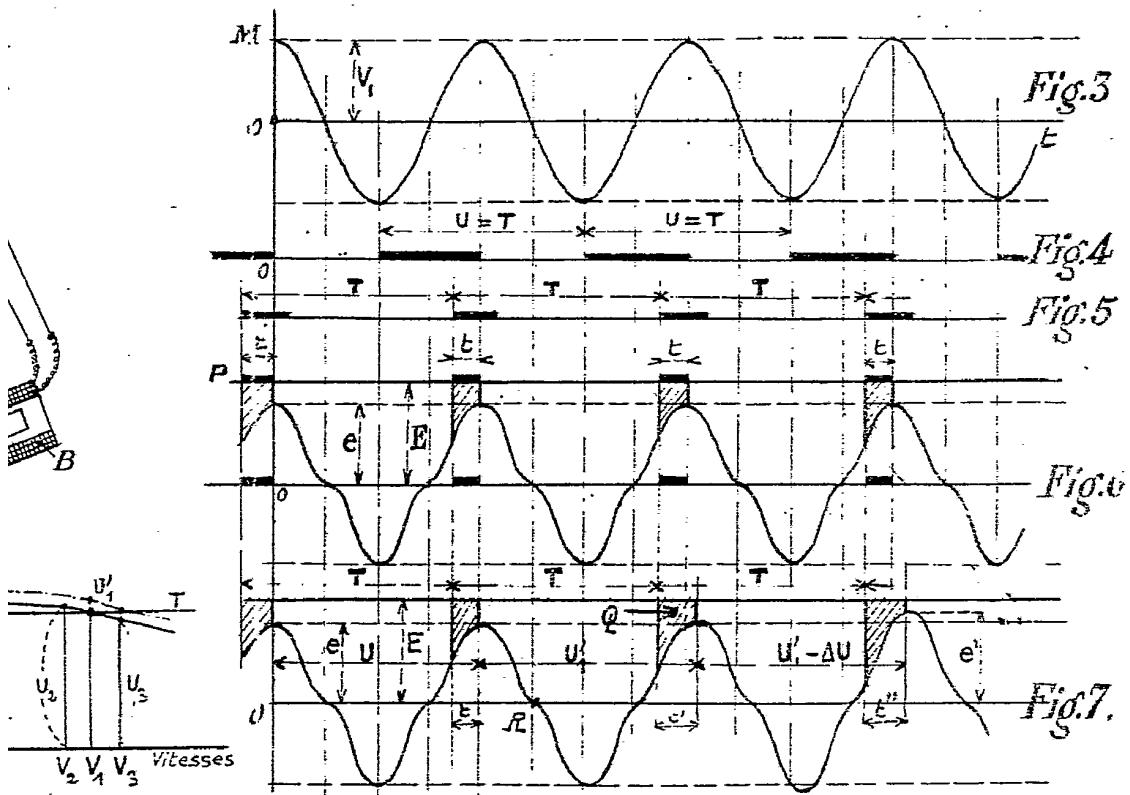


Fig. 2

Fig. 9

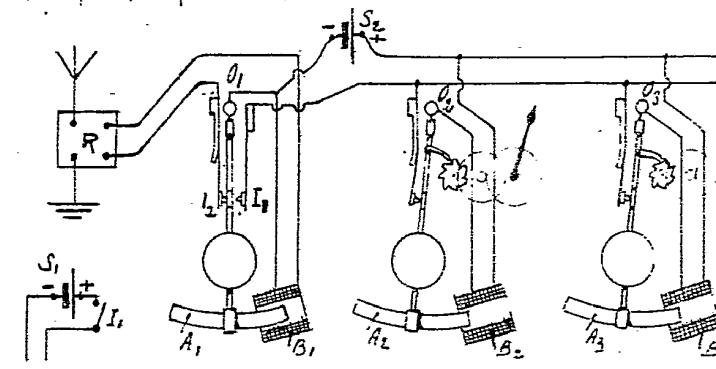
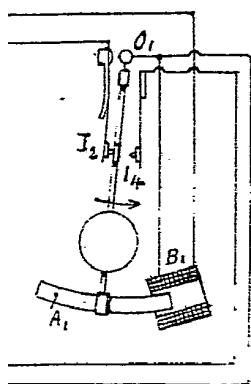


Fig. 11

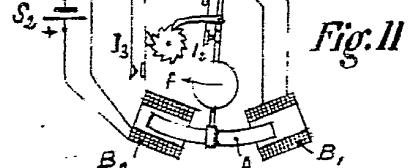


Fig. 11

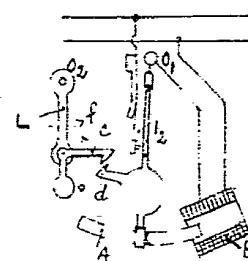


Fig. 12