

LE REMONTAGE AUTOMATIQUE DES APPAREILS D'HORLOGERIE

Par R. CHEVALIER

INGÉNIEUR E. P. C. I.

PAR la multiplicité des dispositions mécaniques qu'elle emploie, l'horlogerie offre, pour chaque problème qu'elle pose, un champ presque illimité à l'imagination des chercheurs. Cette propriété a fait de la chronométrie l'une des sciences les plus travaillées ; d'ailleurs, par les résultats obtenus dans cette branche de l'activité humaine, on est parvenu à mesurer le temps avec une précision telle que l'erreur qui peut être commise est de l'ordre du millionième.

Les chercheurs ont, de tout temps, montré un acharnement extraordinaire dans la création de dispositifs capables d'être substitués à l'homme pour effectuer le remontage des poids ou des ressorts moteurs. Les moyens proposés sont légion et, bien que peu soient passés dans le domaine de la pratique, l'étude de quelques solutions préconisées par les amateurs du mouvement perpétuel, bien que vouées à l'immobilité éternelle, ne manque pas d'intérêt parce que chacune d'elles, émanation

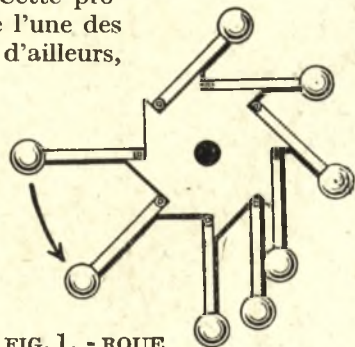


FIG. 1. - ROUE
A MOUVEMENT PERPÉTUEL

Ce système est basé sur une illusion : il semble que les masses de gauche, plus éloignées du centre, doivent entraîner la roue dans le sens de la flèche ; il n'en est rien.

d'un cerveau insuffisamment meublé, concrétise l'utopie.

La plupart des machines dites à mouvement perpétuel reposent sur une erreur mécanique ; elles appartiennent généralement au type roues et

cherchent à accroître artificiellement le moment d'inertie sur l'un des côtés du mobile.

Le système de roue à rochet représenté figure 1 est nettement caractéristique de l'erreur commise par l'inventeur : chacune des encoches de la roue porte des leviers de métal articulés à leur base et munis à leur extrémité d'un petit poids sphérique.

A l'examen de la figure, il semble que les boules de gauche, plus éloignées du centre que celles de droite, entraîneront la roue dans le sens de la flèche. Malheureusement, le nombre des masses de droite, plus grand que celui des masses de gauche, crée un moment total rigoureusement égal à celui fourni par les masses de gauche. On se trouve alors dans des conditions d'équilibre ex-

cluuant physiquement tout mouvement.

Une erreur semblable a été commise par l'inventeur du système représenté figure 2, et dans lequel les leviers à masse sont remplacés par des tubes, partiellement remplis de mercure, inclinés sur l'axe de rotation de la roue. Comme dans le cas précédent, le déséquilibre n'est qu'apparent ; un examen un peu attentif de la figure suffira à convaincre le lecteur que les masses mercurielles con-

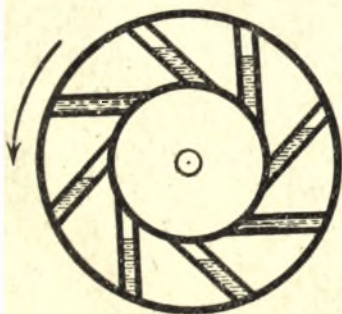


FIG. 2. — AUTRE TYPE DE
ROUE A PRÉTENDU MOUE
MENT PERPÉTUEL

Les boules sont remplacées ici par des tubes de mercure.

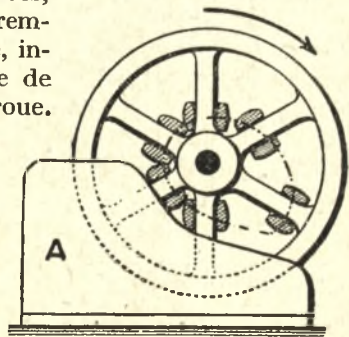


FIG. 3. — TROISIÈME TYPE
DE ROUE POUR RÉALISER LE
MOUVEMENT PERPÉTUEL

Les masses entraînant la roue sont manœuvrées par une came A.

tenues dans les tubes de droite et de gauche se font, elles aussi, rigoureusement équilibre.

L'inventeur du système représenté figure 3 a chargé un guide *A* de déplacer convenablement des masses coulissant sur les rayons d'une roue, mais... l'intervention de ce guide, outre qu'il introduit des frottements capables de paralyser la roue, si elle avait l'intention de bouger, ne peut arriver à rompre l'équilibre statique qu'une étude graphique suffirait à caractériser et que nous avons déjà constaté dans les deux premières dispositions étudiées.

Voici une autre invention, figure 4, plus compliquée mais tout aussi inerte que les précédentes : la roue à godets *R* doit tourner dans le sens de la flèche, sous l'action de billes pesantes tombant d'une gouttière supérieure *a*. Après avoir accompagné la roue *R* pendant une demi-révolution, et assuré ainsi sa rotation, les billes tombent dans une gouttière inférieure *b* qui les conduit à la base d'une vis sans fin. Cette dernière chargée de remonter les billes dans la gouttière supérieure, reçoit son mouvement de la roue *R* par l'intermédiaire d'une transmission mécanique composée d'arbres et de pignons coniques. Il est dommage que le travail fourni par la chute de la bille doive être entièrement dépensé pour la remonter dans la gouttière supérieure, car l'ensemble de l'appareil était joli ; d'ailleurs, certains horlogers exposent cet appareil en devanture en lui donnant la vie au moyen d'un ressort dissimulé dans le socle et actionnant la vis sans fin.

L'électricité et le magnétisme devaient tenter les amateurs du mouvement perpétuel. Nous trouvons dans une publication spéciale,

Cosmos, la description d'un système pendulaire perpétuel empruntant son mouvement (?) à ces agents physiques :

« Un pendule oscillant autour du point *M* (fig. 5) porte un aimant *SN* à son extrémité ; les mouvements de cet aimant sont encadrés par deux autres aimants *P* et *Q* dont les pôles *N* et *S* sont disposés comme le montre la figure. Le pendule, attiré par l'aimant *P*, repoussé par l'aimant *Q*, oscille vers la gauche ; son mouvement est limité par l'arrêt *A* qui empêche le contact des pôles *S* du balancier et *N* de l'aimant *P*. La butée du balancier sur *A* provoque une rotation des aimants

P et *Q* de 180° autour de leur axe ; le pôle *S* du pendule est alors en présence du pôle *S* de l'aimant *P*, tandis que le pôle *S* de l'aimant *Q* est en présence du pôle *N* du balancier. Le pendule, attiré alors vers la droite, est confirmé dans ce mouvement par la pesanteur. Une nouvelle inversion des pôles se produit au moment de la butée contre *B* ; le mouvement pendulaire est ainsi entretenu indéfiniment, et la force acquise se trouve utilisée par l'encliquetage *G*. »

L'Exposition universelle de 1900 vit une pendule décorée pompeusement du titre de pendule à mouvement perpétuel (fig. 6). Nous retrouvons dans cette pendule les masses rayonnantes mobiles de la figure 1, mais l'inventeur complique inutilement la théorie de l'appareil en faisant intervenir des actions magnétiques.

Autour d'une roue étaient groupés un grand nombre de leviers à deux branches formant angle droit, capables de pivoter autour du sommet de cet angle. A la partie supérieure du bâti de la pendule, un galet que l'inventeur dénom-

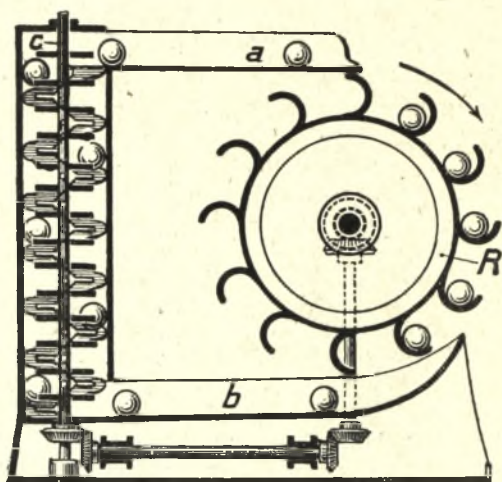


FIG. 4. — SYSTÈME A BILLES

L'inventeur pensait pouvoir obtenir un mouvement continu en faisant remonter une bille par la chute d'une autre bille et avoir, en plus, du travail utilisable.

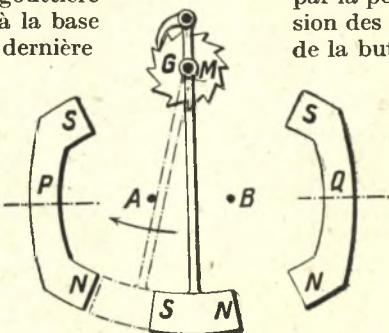


FIG. 5. — PENDULE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE A MOUVEMENT PERPÉTUEL

Le pendule, attiré par l'aimant P, repoussé par Q, provoque, en touchant les butées A et B, la rotation de P et de Q et, par suite, l'inversion des actions magnétiques.

bles de pivoter autour du sommet de cet angle. A la partie supérieure du bâti de la pendule, un galet que l'inventeur dénom-

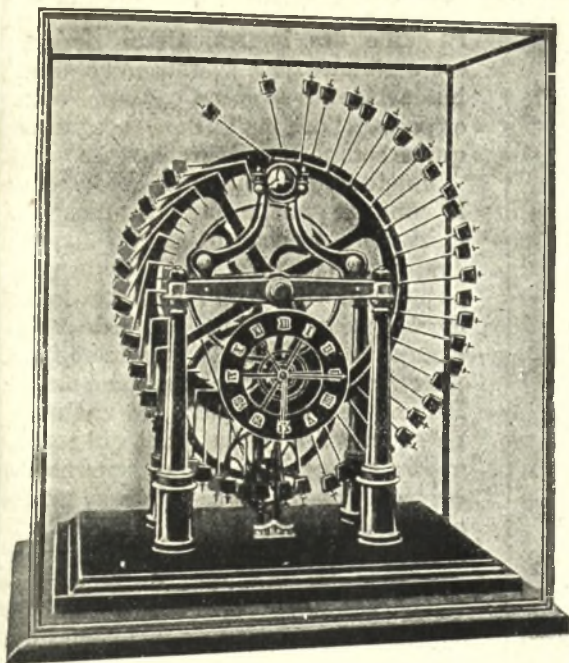


FIG. 6. — PENDULE A MOUVEMENT PERPETUEL DE M. LÉON PALIS

Le mouvement (?) est obtenu en écartant du centre des masses mobiles au moyen d'un dispositif magnétique placé en haut du bâti de la pendule.

maît « galet magnétique » agissait par répulsion sur les petits bras des leviers coudés et rendait, au passage de chaque levier devant lui, le grand bras normal à la roue.

En somme, le galet magnétique jouait le rôle de la came de la figure 3. L'inventeur avait soin d'ajouter, pour convaincre ses auditeurs, qu'à partir du moment où la masse commençait à s'élever jusqu'au moment où elle atteignait la position verticale, son poids était nul, la force répulsive agissant comme un courant d'air qui soulèverait la petite branche du levier coudé.

Ces explications fantaisistes ne réussirent pas à décider les aiguilles de la pendule à tourner, et ce prétendu « clou » de l'Exposition resta inerte depuis l'ouverture des portes jusqu'à leur fermeture définitive.

Nous n'insisterons pas sur ces conceptions, dont le seul mérite est l'originalité ; l'état actuel des sciences physiques permet d'affirmer qu'aucun appareil moteur n'empruntant pas d'énergie à l'ambiance ou à l'extérieur n'est susceptible de fonctionner.

On a obtenu de bons résultats dans la voie du remontage automatique des pendules en utilisant judicieusement l'action des agents physiques. Le plus généralement, les in-

venteurs se sont servis de l'électricité, mais avant d'entreprendre l'étude de ces procédés, nous ne résistons pas au désir de signaler à nos lecteurs deux applications originales de phénomènes se rattachant à l'étude de la chaleur, que l'on ne s'attend guère à rencontrer associées avec des mouvements d'horlogerie.

La première est la pendule à alcool de M. Hour (fig. 7). Le bâti de cette pendule est constitué par deux gros tubes, communiquant par une conduite dissimulée dans le socle avec un troisième tube vertical placé entre eux. Ce dernier est finement ondulé, et tous sont remplis d'alcool. Sous l'influence d'une élévation de température de quelques degrés, la masse liquide se dilate, obligeant le tube central à allonger ses ondulations. Le mouvement de l'extrémité du tube est transmis par deux bielles, nettement visibles sur la figure, à deux leviers coudés divergents placés sur le devant de l'appareil. Le mouvement, amplifié par les leviers, est utilisé pour remonter le ressort moteur de la

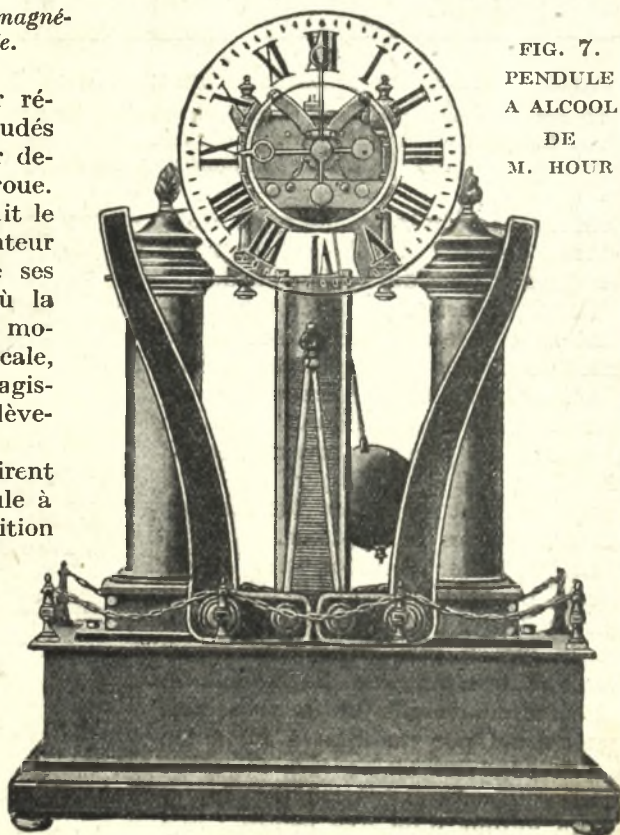


FIG. 7.
PENDULE
A ALCOOL
DE
M. HOUR

Le remontage de cet appareil d'horlogerie se fait à chaque variation de température en utilisant l'effort fourni par la dilatation ou la contraction de l'alcool contenu dans les deux tubes sur lesquels repose le rouage de la pendule.

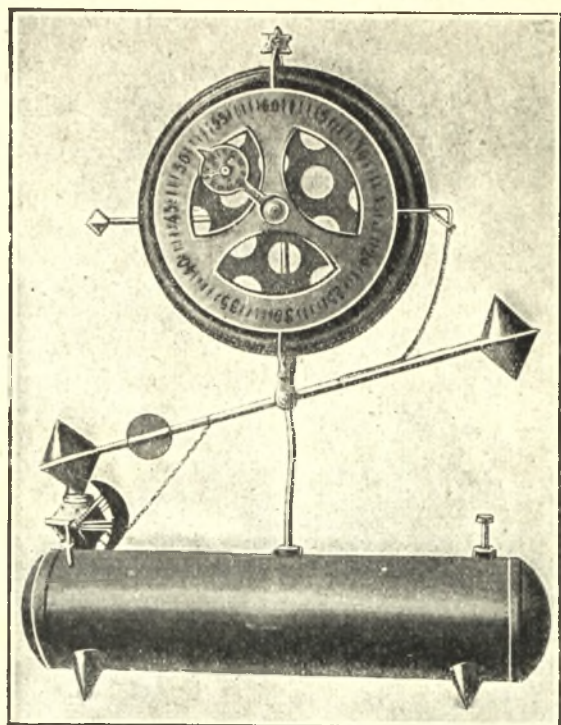


FIG. 8. — HORLOGE THERMIQUE DE M. CORNU

Cette horloge utilise pour son fonctionnement la flamme d'une lampe à alcool qui produit, en l'échauffant, des basculements successifs d'un « bouillant de Franklin ».

pendule par l'intermédiaire de deux rubans d'acier attachés à l'extrémité des grands bras des leviers coudés.

Les différences de température existant entre le jour et la nuit suffisent à entretenir la marche de cette pendule.

L'autre système de remontage se présente sous une forme qui lui donne un caractère presque mystérieux. Il est dû à M. Paul Cornu, ingénieur connu surtout pour ses intéressants travaux sur les hélicoptères.

Un vulgaire réservoir, monté sur quatre pieds, tient lieu de socle ; il contient deux litres d'alcool et porte sur la gauche une petite lampe placée dans une lanterne. La flamme de cette lampe chauffe un double cône creux réuni par un tube à un autre double cône semblable (fig. 8). Tube et cônes constituent un balancier qui pivote autour d'un axe central ; une chaînette, celle de droite, entraîne par l'intermédiaire d'un cliquet une grande roue sur laquelle est fixée l'aiguille des minutes qui forme cadran pour

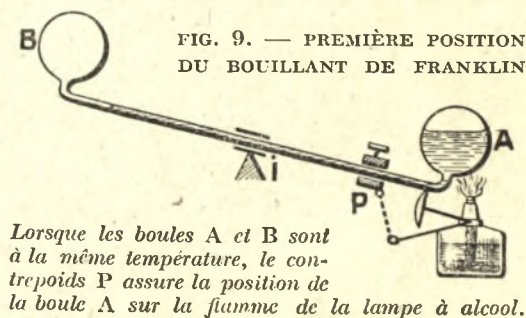
l'aiguille des heures. Cette dernière est actionnée par la rencontre d'une butée fixée sur le grand cadran. Notons en passant l'originalité de ce mécanisme, qui ne comporte ni engrenage ni ressort.

Voici comment fonctionne le système : le cône de gauche, étant au-dessus de la flamme, s'échauffe, et, au bout de cinq secondes, quitte brusquement sa position et s'élève en entraînant le balancier jusqu'à ce que le cône de droite vienne se poser sur la pointe-support fixée également sur le réservoir à alcool. Pendant ce mouvement, la chaînette de gauche tire sur un volet qui recouvre la flamme de la lampe et permet au cône de gauche de se refroidir, tandis que la chaînette de droite a tiré sur le cliquet et fait avancer la pendule de dix secondes. Au bout de cinq nouvelles secondes, le double cône de gauche, refroidi, redescend, démasque la flamme de la lanterne et un nouveau réchauffement de cinq secondes a lieu, suivi des mêmes phénomènes que plus haut. La pendule reçoit une impulsion à chaque ascension du cône de gauche, c'est-à-dire toutes les dix secondes.

Le petit double cône que l'on remarque à gauche du cadran sert de contrepoids pour relever le cliquet.

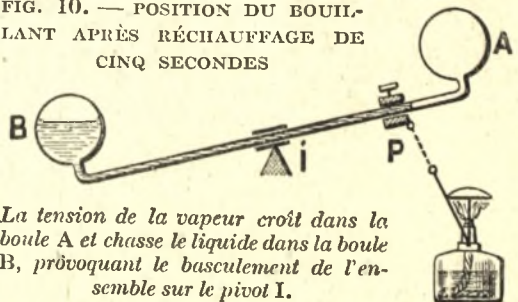
L'inventeur a fait un secret du fonc-

FIG. 9. — PREMIÈRE POSITION DU BOUILLANT DE FRANKLIN



Lorsque les boules A et B sont à la même température, le contrepoids P assure la position de la boule A sur la flamme de la lampe à alcool.

FIG. 10. — POSITION DU BOUILLANT APRÈS RÉCHAUFFAGE DE CINQ SECONDES



La tension de la vapeur croît dans la boule A et chasse le liquide dans la boule B, provoquant le basculement de l'ensemble sur le pivot I.

tionnement de cet appareil, mais il est fort probable, il est même certain que le mouvement de cette pendule originale résulte des propriétés du « bouillant de Franklin ».

Les doubles cônes métalliques masquaient les deux boules en verre A et B (fig. 9 et 10) d'un bouillant de Franklin.

Cet appareil, composé de deux récipients A et B, reliés par un tube de verre, est rempli partiellement d'alcool et purgé d'air par ébullition de cet alcool au moment de la fermeture. La moindre différence de température entre les boules détermine des différences entre les pressions, ou plus exactement les tensions de la vapeur existant dans les boules au-dessus du niveau du liquide, et, par suite, détermine le déplacement du liquide de la boule la plus chaude vers la boule la plus froide. Ce phénomène se produisant sous l'influence de la chaleur émise par la lampe à alcool, provoque le basculement du balancier. En déplaçant le disque que l'on voit sur le bras gauche du balan-

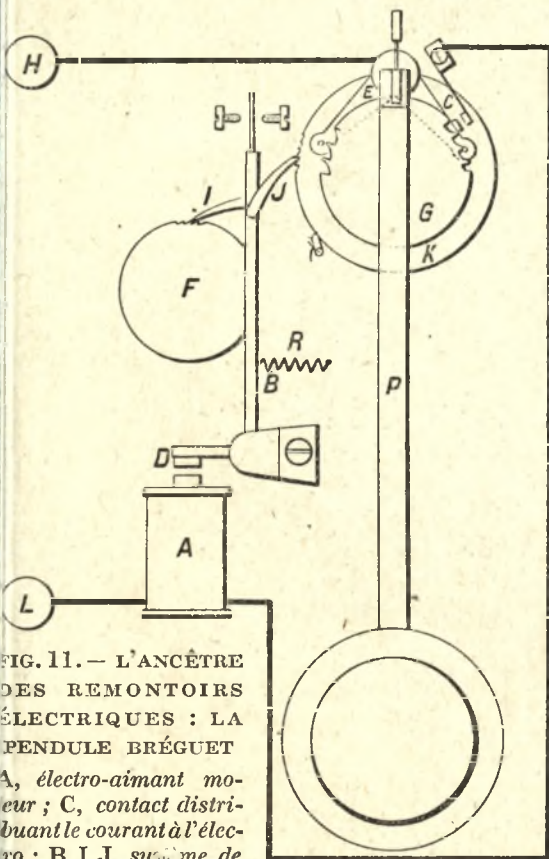
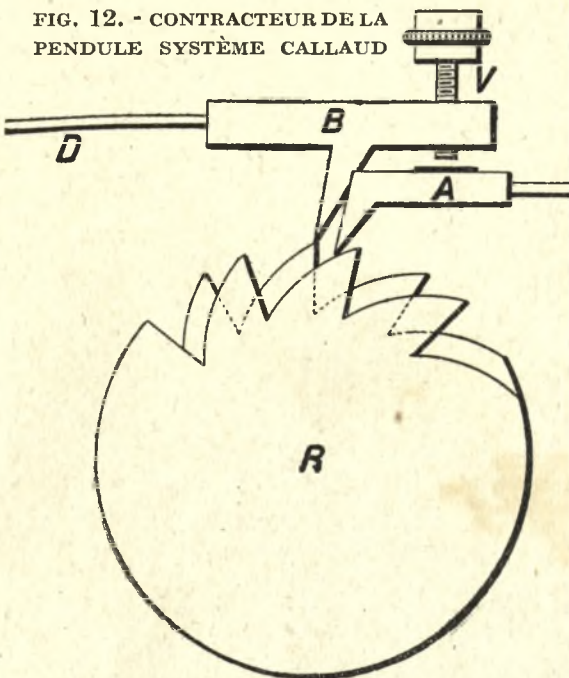


FIG. 11. — L'ANCÊTRE DES REMONTOIRS ÉLECTRIQUES : LA PENDULE BRÉGUET

A, électro-aimant moteur ; C, contact distribuant le courant à l'électro ; B I J, système de leviers et de cliquets transmettant les mouvements de l'armature D aux rochets F, commandant les aiguilles, et K, commandant la roue d'échappement G ; H, bornes d'arrivée et de sortie du courant ; R, ressort de rappel du système D B I J ; P, pendule ; E, échappement.

FIG. 12. — CONTRACTEUR DE LA PENDULE SYSTÈME CALLAUD



R, double rochet faisant un tour en dix minutes ; A, pièce commandée par le rochet antérieur ; B, pièce commandée par le rochet postérieur. — L'appareil est réglé de façon que la pièce B tombe deux secondes avant A, établissant un contact électrique entre A et V.

cier, on modifie la quantité d'alcool qui doit passer d'une boule à l'autre pour produire le basculement, et, par suite, le temps séparant les oscillations du balancier.

Ces systèmes, malgré l'intérêt qu'ils présentent, n'ont qu'une valeur de curiosité, et c'est à peu près uniquement l'électricité qui, aujourd'hui, est chargée de l'entretien du mouvement de nos pendules.

Les progrès des procédés employés ont été parallèles à ceux des procédés de distribution et d'unification d'heure.

Ces procédés se divisent d'ailleurs en deux grandes catégories : ceux dans lesquels on utilise les effets de l'électricité pour remonter le poids ou tendre le ressort moteur et ceux dans lesquels on emploie l'électricité pour communiquer au balancier des impulsions suffisantes pour compenser l'amortissement des oscillations et permettre d'utiliser son mouvement pour actionner les aiguilles de l'appareil.

Les horloges utilisant les premiers procédés sont dites *horloges à remontoir*, tandis que celles qui basent leur fonctionnement sur les seconds systèmes sont appelées *horloges à entretien pendulaire*.

La première pendule à mouvement entre-

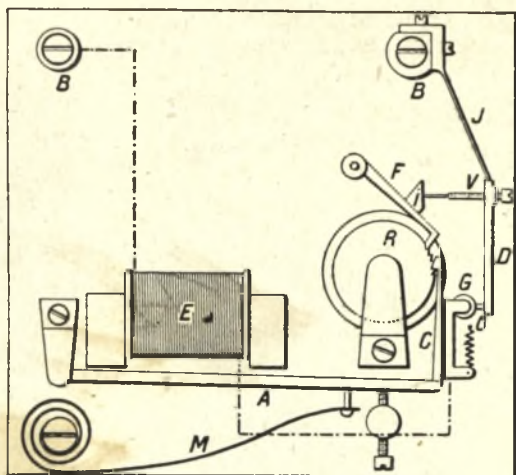


FIG. 13. — SCHÉMA DE LA PENDULE A REMONTOIR SYSTEME RECLUS

E, électro-aimant moteur; A, armature de l'électro-aimant. (A chaque attraction, l'armature A tend le ressort M qui, par l'intermédiaire du cliquet C et du rochet R, assure la marche de la pendule pendant trente secondes); G O, pièces dont le contact laisse passer le courant devant exciter l'électro; J V D, pièces destinées à amener G et O au contact lorsque le cliquet F tombe au fond d'une dent du rochet (G et O se trouvent séparés lorsque C, poussé par l'armature A, monte d'une dent sur le rochet.)

tenu électriquement est due à Bréguet; elle était à remontoir (fig. 11). Le courant arrivait dans cette pendule par deux bornes H et L. Lorsque le pendule P oscillait vers la droite, l'échappement E établissait un contact en C, et le courant parcourait l'électro-aimant A. L'armature D, attirée, provoquait l'avancement des aiguilles par l'intermédiaire de la pièce B, du cliquet I et du rochet F. Lorsque le balancier se déplaçait de droite à gauche, le courant était coupé en C et l'armature ramenée à sa position de départ par le ressort R. Un second cliquet J faisait alors avancer d'une dent le rochet K, remontant ainsi un ressort spiral qui provoquait automatiquement l'entraînement de la roue d'échappement G.

Dans cette pendule, la fréquence des émissions produisait l'usure rapide des piles motrices; Callaud obvia en partie à cet inconvénient en n'utilisant qu'un envoi de courant par minute pour bander un ressort spiral; celui-ci entraînait la roue d'échappement par un train d'engrenages multiplicateurs. Le contracteur (fig. 12) était constitué par un double rochet R à dix dents, faisant un tour en dix minutes. Sur le rochet d'avant frottait une pièce A, montée sur un

ressort; une pièce B, pourvue d'une vis V, était maintenue intimement au contact du rochet arrière par un ressort D.

Les deux rochets tournant de droite à gauche, la pièce B, abandonnée par une dent, tombait avant la pièce A; un contact s'établissait entre V et A et ne cessait que lorsque la pièce A, deux secondes après, tombait, abandonnée par une dent du rochet antérieur. Ce contact était utilisé pour envoyer toutes les minutes un courant dans l'appareil électro-remonte.

Depuis, la pendule à remontoir a été très travaillée par les inventeurs. Mildé, Schweizer, Levis, Förster, Zimmer, Hennequin, d'Arincourt, Vacoti et Rosi, Favereau et bien d'autres imaginèrent différents procédés électriques qui, n'ayant pas eu d'applications industrielles, n'offrent plus aujourd'hui qu'un intérêt historique.

Toutefois, quelques firmes ont mis en circulation un assez grand nombre de pendules à remontoir, et l'on rencontre assez fréquemment des appareils signés: V. Reclus, David Perret, Silentia ou Paul

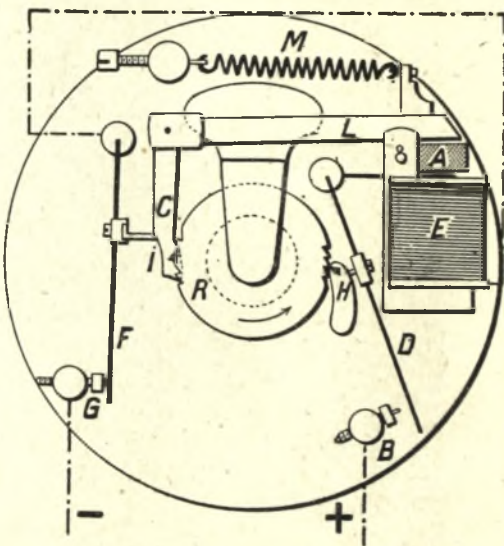


FIG. 14. — PENDULE A REMONTOIR SYSTEME DAVID PERRET

A, armature de l'électro-aimant E. (L'attraction de cette armature tend le ressort M dont la détente est utilisée pour entraîner le rouage de la pendule pendant une minute, par l'intermédiaire du cliquet C et du rochet R.) B D, pièces venant en contact lorsque le cliquet de retenue H tombe au fond d'une dent. (Cette mise en contact détermine le passage d'un courant dans l'électro.) F G, pièces dont le contact cesse lorsque l'armature arrive à fond de course. (Ce sont ces pièces qui interrompent le courant dans l'électro.)

garnier. Voici quelques précisions sur les mécanismes portant ces signatures :

Reclus a utilisé un électro-aimant semblable à ceux qu'il emploie dans ses récepteurs oratoires. Les effets moteurs de cet électro-aimant *E* (fig. 3) sont transmis par l'intermédiaire de l'armature *A* et du cliquet *C* au rochet *R*, lié par un ressort spiral, toujours armé, aux rouages de la pendule. Cette liaison a pour but d'assurer la continuité du mouvement pendant la durée du fonctionnement du système électro-magnétique.

Lorsqu'un courant parcourt l'électro, l'armature *A*, attirée, tend le ressort *M* et fait monter le cliquet *C* d'une dent sur le rochet. Le galet *G*, solidaire du cliquet, monte également, abandonnant dans ce mouvement la goupille d'or *O* pour provoquer la rupture du circuit électrique.

A ce moment, le ressort *M*, agissant sur l'équipage mécanique (armature et cliquet) tend à entraîner le rochet *R*, mais ce mouvement est retardé par l'action de l'échappement. *R* tourne donc lentement, le cliquet *C* et le galet *G* reviennent vers leur position initiale, tandis que le cliquet *C* est retenu *F* est soulevé par la dent du rochet avec laquelle il est en prise.

Afin d'éviter la fermeture du circuit électrique pendant le mouvement de retour du galet, on incarte la goupille *O* vers la droite en lui transmettant le mouvement du cliquet *F* par l'intermédiaire du grain *I*, de la vis *V* et de la pièce *D*. A la fin du mouvement, le ro-

chet ayant tourné d'une dent, le cliquet *F* tombe au fond de la dent suivante, le ressort *M*, agissant sur la pièce *D*, libérée, ramène la

goupille *O* au contact du galet *G* et un nouvel envoi de courant se produit aussitôt.

Comme celles de Reclus, les horloges de Perret utilisent l'effet moteur dû à la réaction d'un ressort tendu par le déplacement de l'armature d'un électro-aimant.

L'armature *A* (fig. 14) arme le ressort *M* en même temps qu'elle fait avancer le cliquet *C* d'une dent sur le rochet *R*; le passage du courant dans l'électro *E* est réglé par le jeu de deux interrupteurs *B*, *D* et *G*, *F*; l'interrupteur *G*, *F*, est commandé par le cliquet moteur *C* et l'interrupteur *B*, *D*, par le cliquet de retenue *H*. Pour que le courant passe dans l'électro, il faut que les deux interrupteurs soient au contact. Les organes de la pendule, amenés dans la position de la figure par la détente du ressort *M*, le rochet, tournant dans le sens de la flèche, provoque la chute du cliquet *H*, permettant à la lame *D* d'appuyer sur *B* en fermant le circuit. La rupture du courant faite par l'interrupteur *F*, *G* est provoquée par le déplacement du plan incliné *I* sous le cliquet *C*,

Les pendules Reclus et Perret ont des remontages excessivement rapides; la durée du contact varie, en effet, de un cinquantième à un centième de seconde; par suite, la dépense d'énergie est très faible, ce qui assure aux deux ou trois éléments de pile nécessaires au fonctionnement de ces appareils une durée de dix-huit mois à deux ans.

La Société « Silentia » emploie un petit moteur, capable de fonctionner avec deux éléments de pile, pour remonter, à des inter-

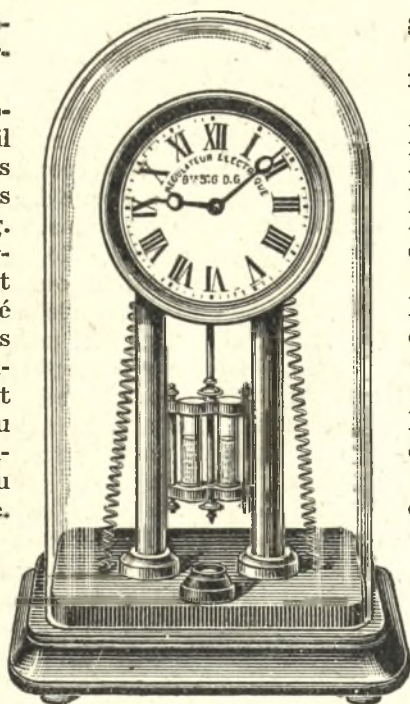


FIG. 15. — PENDULE-MÈRE A REMONTOIR, SYSTÈME RECLUS

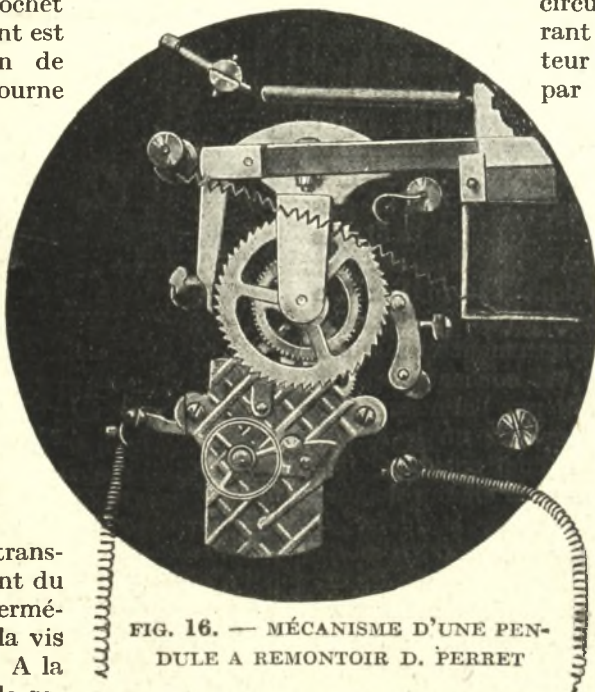


FIG. 16. — MÉCANISME D'UNE PENDULE A REMONTOIR D. PERRET

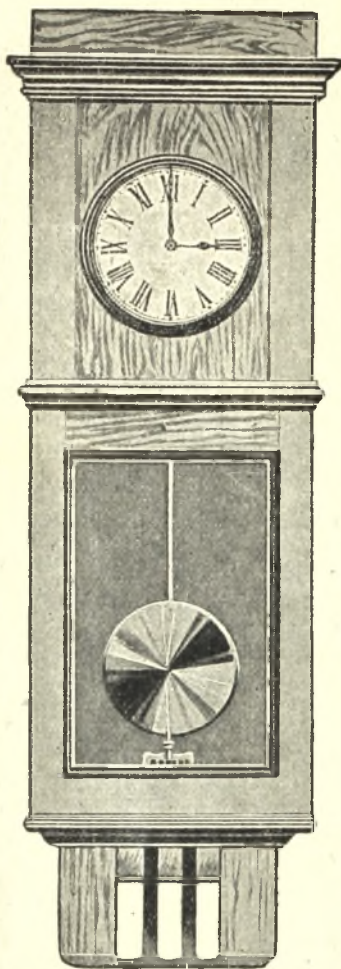


FIG. 17. — REMONTOIR-DISTRIBUTEUR PERRET

tervalles de temps assez éloignés, le ressort d'un mouvement de pendule différant peu d'un mouvement de pendule ordinaire ; l'établissement et la rupture du courant sont commandés par les mouvements du barillet contenant le ressort moteur.

La maison Paul Garnier, chargée de l'exploitation du procédé Grassot, a appliqué fort simplement le système électro-magnétique de cet inventeur à un remontoir électrique qu'elle emploie pour actionner les horloges-mères de ses distributions

d'heure dans ses diverses installations.

Un champ magnétique fourni par un aimant à branches parallèles dont la branche antérieure *A* est très nettement visible sur notre dessin (fig. 18) est concentré et régularisé au pôle positif par l'anneau *D*.

Une bobine *B*, portée par un levier *L*, équilibre en partie un contrepoids *Q* qui soulève cette bobine dans le champ magnétique. Dans ce mouvement, le levier *L* entraîne, d'une part, le rouage par l'intermédiaire du cliquet *C* et du rochet *F*, et, d'autre part, un secteur *S* commandant un basculeur représenté en *I* (fig. 19) dans sa position de repos. Ce basculeur commande l'envoi des courants de la manière suivante : lorsque la bobine monte dans l'anneau, le secteur *S* entraîne, par la goupille isolée *G*, le levier *I* ; celui-ci se déplace en tendant le

ressort *R* ; il arrive un moment où cette tension est maximum (fig. 19, II) ; ce point mort franchi, le ressort se détend brusquement, entraînant *I*, dont l'extrémité vient appuyer contre la goupille *H* reliée à la bobine, permettant le passage du courant dans cette dernière. La bobine, ramenée alors vers le bas, remonte le poids *Q* et fait basculer *I* de droite à gauche, interrompant ainsi le courant de remontage (fig. 19, III).

L'impulsion donnée au levier par le remontage fait parcourir à la bobine un chemin supplémentaire variant avec l'état de la pile. Lorsque celle-ci est neuve, les remontages sont plus espacés que lorsqu'elle a un long usage. Cette propriété du système permet d'utiliser les piles jusqu'à usure presque complète, ce qui est un précieux avantage.

Le lecteur a pu voir, par ces quelques descriptions, que les pendules à remontoir nécessitent une assez grande complication d'organes ; si l'on veut obtenir des sonneries, les mouvements deviennent alors de véritables forêts de roues, de cliquets et de leviers.

La pendule Reclus (fig. 22), donne une idée de cette complication ; il est vrai que cet appareil peut servir à la fois de pendule-mère et de distributeur de sonneries.

Les techniciens de l'horlogerie, soucieux de rendre automatique la marche des pen-

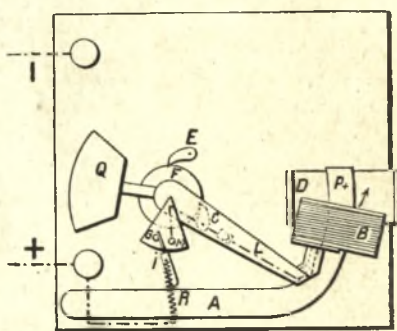


FIG. 18. — REMONTOIR ÉLECTRIQUE SYSTÈME PAUL GARNIER

B, bobine qui, parcourue par un courant, se déplace à l'intérieur de l'anneau *D* dans un champ magnétique fourni par l'aimant *A* ; *Q*, contrepoids relevé par les déplacements de la bobine. Ce contrepoids, redescendant, entraîne le rouage par le cliquet *C S G N I R*, système basculeur chargé d'établir le courant dans la bobine. (Lorsque le contrepoids *Q* arrive à fond de course, la pièce *I*, entraînée par *G* et soumise à l'action du ressort *R*, bascule, vient au contact de *M*, établissant le courant. Le remontage détermine le basculement vers *G* et la rupture.

lules d'appartement, oublièrent pendant longtemps de faire profiter de leurs recherches le malheureux horloger chargé de l'entretien des horloges de clocher, condamné éternellement à gravir des escaliers et à s'atteler aux manivelles de remontage pour agir sur des poids parfois très lourds. On finit cependant par penser à lui, et, à l'Exposition de 1900, MM. Châteaueau, père et fils, exposèrent un remontoir susceptible d'être appliqué aux grosses

horloges de nos monuments publics.

Voici comment ce remontoir est conçu :

Le poids moteur *P* (fig. 21) est porté par une chaîne sans fin, qu'un contrepoids *p* maintient toujours tendue. Les brins de chaîne supportant le poids *P* agissent, l'un sur une roue *D*, solidaire du premier axe de l'horloge, l'autre sur une roue *A*, susceptible d'être entraînée dans le sens de la flèche au moyen d'un moteur électrique et portant un encliquetage ayant pour but d'arrêter son mouvement vers l'arrière.

L'horloge marchant, la roue *D* tourne et le poids *P*, qui l'entraîne, descend ; au contraire la rotation de la roue *A* a pour effet de réaliser le remontage de ce même poids.

L'automatisme du remontage est obtenu en commandant le moteur actionnant la roue *A* au moyen d'un interrupteur *I J*, manœuvré par le poids *P* lorsque celui-ci arrive aux extrémités de sa course.

Cet interrupteur fonctionne de la manière suivante :

Le poids *P*, relié par une cordelette à l'un des bras du système basculant *F*, tire sur

cette cordelette lorsqu'il est près d'atteindre le bas de sa course. Il redresse alors le système *F* jusqu'au moment où le contrepoids *G*,

dépasse la verticale, bascule, amenant le basculeur *F* dans la position représentée sur la figure. Dans ce mouvement, la queue *Q* du basculeur a entraîné la goupille *N*, provoquant le déplacement du secteur *E* et la mise en contact des lames *I J* par la pression sur la lame *I* de la queue *H* du secteur. Le circuit du moteur est alors fermé et le

remontage s'effectue. Le système basculeur reprend sa position de repos en coupant le courant, lorsque le poids, parvenu en haut de sa course, tire la cordelette de bas en haut. On remarquera que le poids agit constamment sur les rouages de l'horloge pendant son mouvement ascensionnel : on évite ainsi l'emploi des ressorts auxiliaires destinés à assurer la marche des horloges pendant l'opération du remontage.

La disposition imaginée par M. Martin Mayeur et désignée sous le nom d'autoremontoir, réalise le remontage automatique des horloges avec un maximum de simplicité et de facilité d'installation.

Une poulie ou roue dentée *R* (fig. 23) est fixée sur l'un des mobiles de l'horloge à actionner ; elle porte une courroie ou chaîne sans fin *C* maintenue à sa partie inférieure par un poids tenseur *P*. Un second poids *A*, accroché sur l'un des brins de la chaîne, tire sur ce brin et descend en faisant tourner la roue *R* jusqu'à ce qu'il arrive en bas, près du poids *P*. Si, à ce moment, on parvient à faire re-

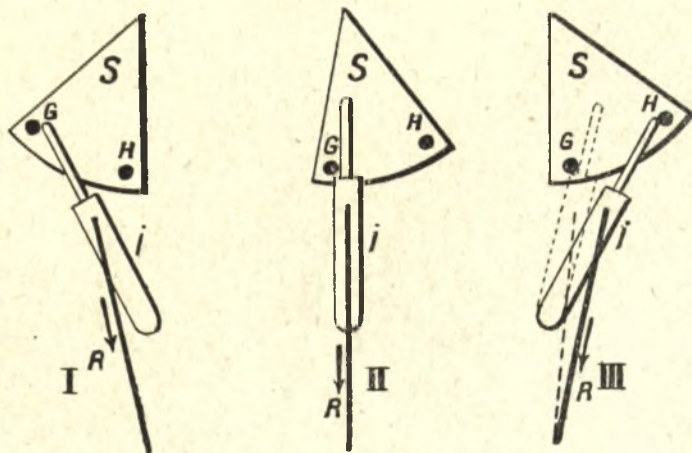


FIG. 19. — FONCTIONNEMENT DU BASCULATEUR GARNIER

Les mouvements du secteur S amènent la pièce i jusqu'à la position II, qui est une position d'équilibre instable ; arrivée là, si le mouvement continue, la pièce i bascule (III). Ces basculages sont utilisés pour établir et couper le courant dans la bobine B. (Voir la fig. 18.)

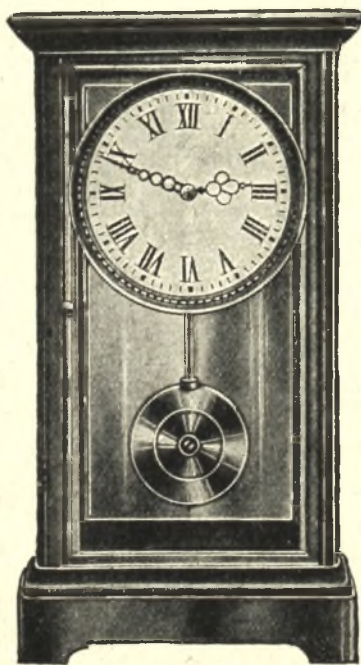
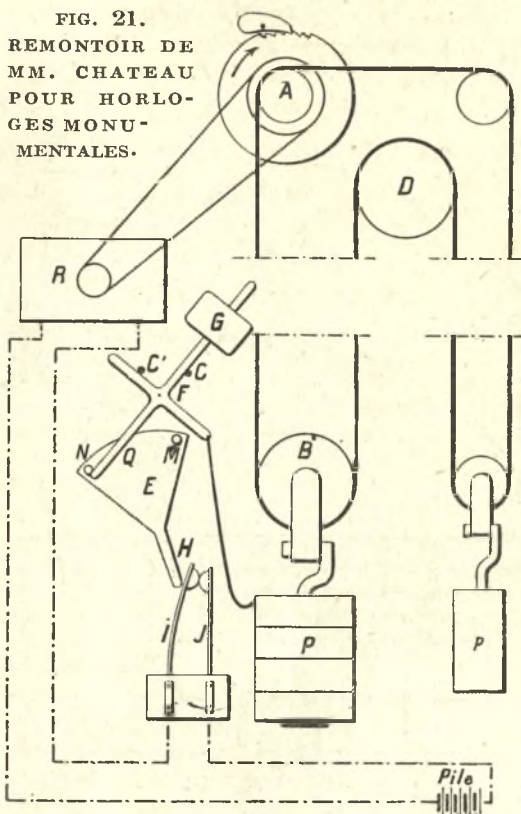


FIG. 20. — DISTRIBUTEUR HORAIRE PAUL GARNIER

FIG. 21.
REMONTOIR DE
MM. CHATEAU
POUR HORLO-
GES MONU-
MENTALES.



P, poids moteur ; p, poids tenseur de chaîne ; D, roue de chaîne entraînant le rouage de l'horloge par l'action du poids P ; A, roue de chaîne qui, entraînée par le moteur électrique R, réalise le remontage du poids P ; F, système basculeur entraîné par le poids P. Lorsque celui-ci arrive aux extrémités de sa course, les mouvements de ce basculeur, agissant sur l'interrupteur à lames I J, sont utilisés pour fermer ou disjoindre le circuit du moteur électrique R.

monter le poids A le long de la chaîne — absolument comme un homme qui grimperait le long d'une corde — ce poids pourra redescendre et réaliser rapidement le remontage de l'horloge.

La figure 24 montre schématiquement comment ce résultat est obtenu : le poids A est constitué par un carter contenant un moteur électrique et une série d'engrenages dont le dernier, mobile, roule sur la courroie ou chaîne sans fin C, de telle façon que, dès que le moteur tourne, l'ensemble

remonte automatiquement le long du brin sur lequel le dernier mobile prend appui.

Lorsque le poids automatique arrive au bas de sa course, un interrupteur spécial, extrêmement robuste, ferme sur le moteur un circuit électrique qui s'ouvre de façon semblable lorsque l'autoremontoir arrive à son point le plus extrême d'ascension.

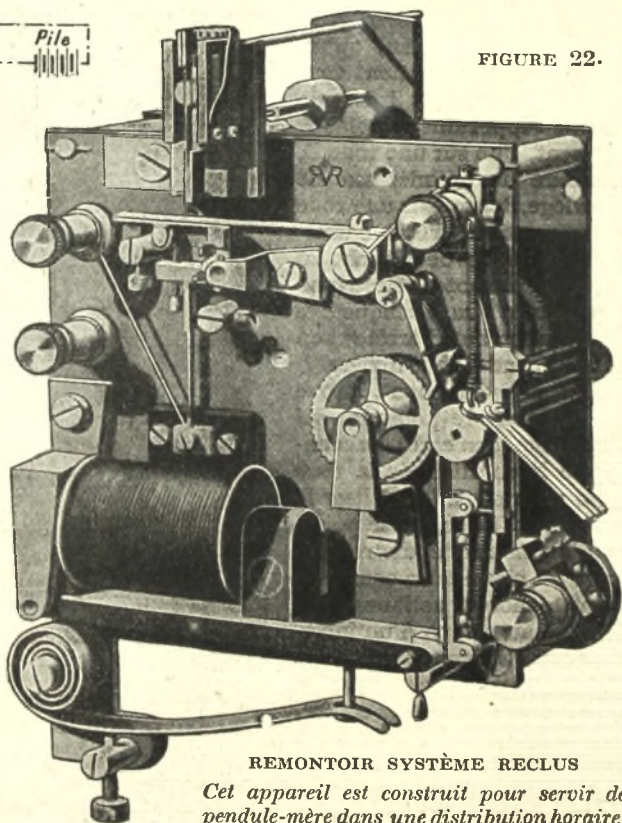
Mais ce système, quel que soit son intérêt, serait incomplet si, dans le cas des horloges à sonnerie, il était nécessaire de mettre un appareil semblable sur chaque corps de rouages. L'inventeur a tourné la difficulté de la façon très simple suivante :

Dans une horloge à sonnerie d'heures et demies qui comporte deux corps de rouages, la chaîne sans fin passe sur les deux roues correspondantes, mais entre les deux roues un poids moteur intermédiaire a été ingénieusement intercalé.

La figure 25 représente l'application de ce système à une horloge à sonnerie d'heures et demies, fournie par la maison Paul Garnier à une compagnie de chemins de fer qui a son exploitation en Chine.

Les horloges à entretien pendulaire utilisent toutes le balancement du pendule

FIGURE 22.



REMONTOIR SYSTEME RECLUS

Cet appareil est construit pour servir de pendule-mère dans une distribution horaire.

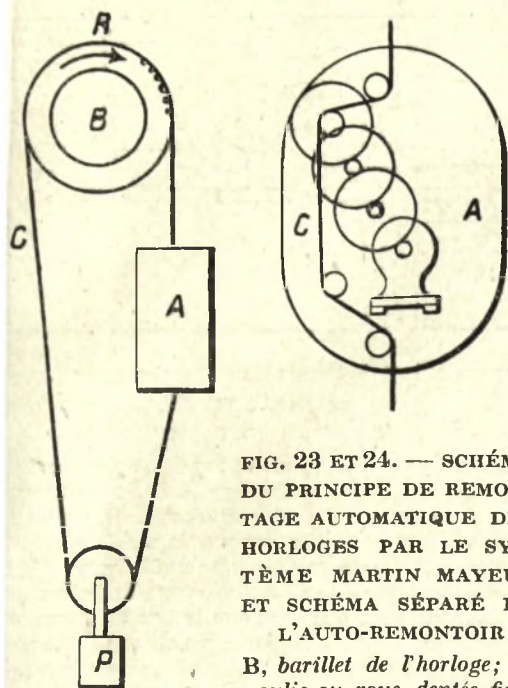


FIG. 23 ET 24. — SCHÉMA DU PRINCIPE DE REMONTAGE AUTOMATIQUE DES HORLOGES PAR LE SYSTÈME MARTIN MAYEUR ET SCHÉMA SÉPARÉ DE L'AUTO-REMONTOIR

B, barillet de l'horloge; R, poulie ou roue dentée fixée

sur le barillet; C, courroie ou chaîne sans fin; A, poids automoteur ou auto-remontoir; P, poids destiné à assurer la tension de la chaîne.

comme effet moteur. Un cliquet, porté par le balancier fait passer, à chaque oscillation, une dent d'un rochet qui entraîne les aiguilles par l'intermédiaire obligatoire d'engrenages convenablement calculés.

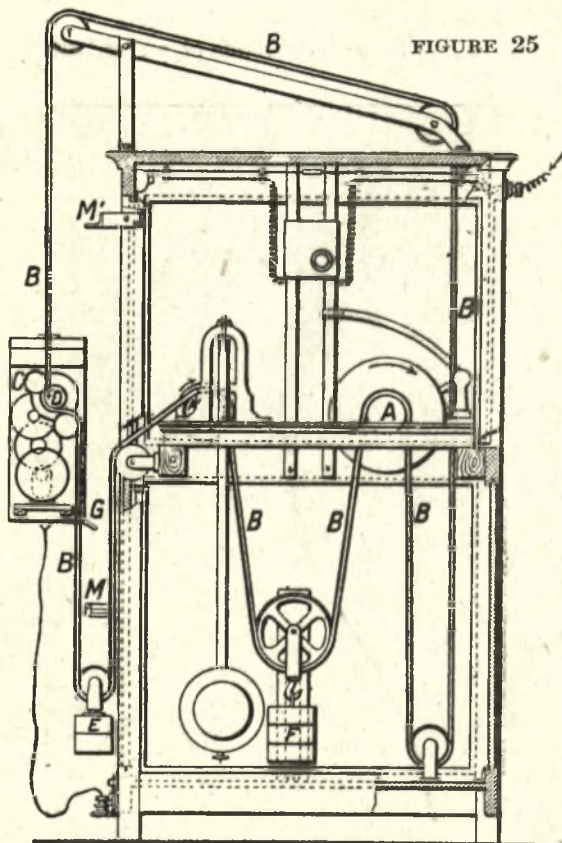
La seule partie intéressante de ces appareils réside dans le dispositif employé pour compenser l'amortissement des oscillations. Ces dispositifs sont de deux sortes : les uns soulèvent des poids ou tendent des ressorts dont la chute ou la détente donne au balancier l'impulsion convenable ; les appareils employant ce procédé sont dits : *horloges entretenues par réactions indirectes* ; les autres, dans lesquels un système électromagnétique quelconque lance le balancier sans aucun intermédiaire sont appelés *horloges entretenues par réactions directes*.

L'horloge-type à réactions indirectes est due au constructeur Froment.

Dans cet appareil, contemporain des distributions à quatre secondes de Garnier et des pendules Bréguet, le balancier, suspendu par des ressorts métalliques, porte une sorte de bec (fig. 27) en communication par des parties métalliques avec le fil conducteur M ; le courant arrive ainsi jusqu'à l'extrémité de la vis D, au-dessus de laquelle est une masse métallique G, portée par un long ressort flexible B dont le pied est fixé à un pont faisant corps avec la platine. Cette masse

appuie sur l'extrémité d'un levier S capable d'osciller autour de l'axe F. Lorsque le pendule oscille vers la gauche, la vis D vient en contact avec G, et un courant traverse l'électro E, dont l'armature P, en se soulevant, fait basculer le levier S. Le contact entre D et G se prolonge ainsi pendant le retour du balancier. Le travail de soulèvement produit par l'électro-aimant se trouve ainsi restitué au pendule à chaque oscillation nouvelle. (Le Génie civil.)

Un grand nombre de pendules semblables



MÉCANISME D'UNE HORLOGE DE CLOCHER FONCTIONNANT AU MOYEN DE L'AUTO-REMONTOIR DU SYSTÈME MARTIN MAYEUR

A A, roues fixées sur les premiers mobiles des roues de l'horloge ; B B B, chaîne sans fin chargée de transmettre l'effort des poids aux roues A et A' ; C, autoremontoir prenant appui sur la chaîne par le pignon D ; E, poids tenseur ; F, poids actionnant la roue A. (On peut voir par les flèches indiquant le sens de rotation des roues A et A' que la descente de l'autoremontoir provoque le remontage du poids intermédiaire.) G, levier dont la manœuvre commande le fonctionnement de l'interrupteur automatique ; M M', butées fixes qui, dans le mouvement de descente de l'auto-remontoir, manœuvrent le levier G, commandant ainsi le moteur de l'autoremontoir.

en principe à celle de Froment ont été imaginées ensuite avec beaucoup d'ingéniosité par Vérité, Robert-Houdin et Detouche, Paul Garnier, Grasset, Lasseau, etc.

Tous ces systèmes ont l'avantage de rendre la marche du pendule indépendante des variations de la pile ; par contre, les émissions ayant lieu à chaque oscillation du pendule, on leur reproche l'usure rapide des piles ; de plus, l'impulsion donnée au pendule est généralement précédée d'un choc difficile à éviter et susceptible de compromettre gravement la précision du réglage de l'appareil.

En espaçant les impulsions et en les trans-

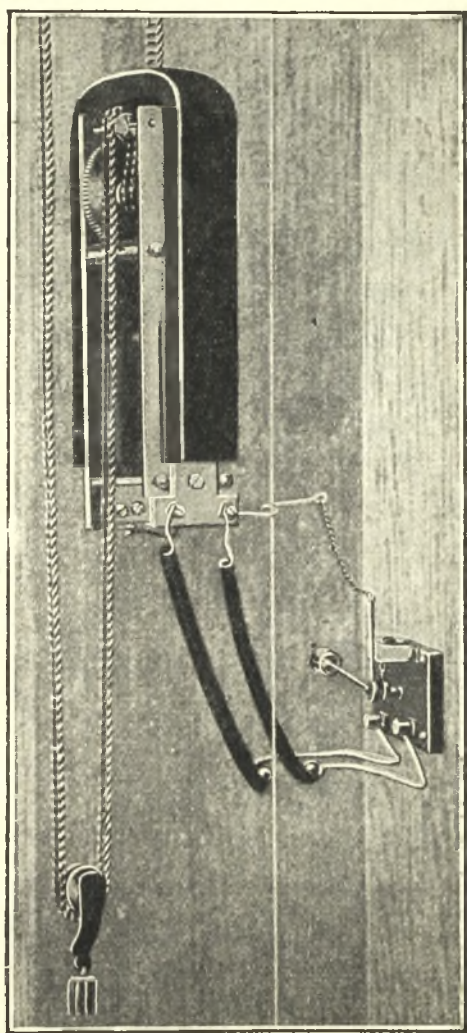
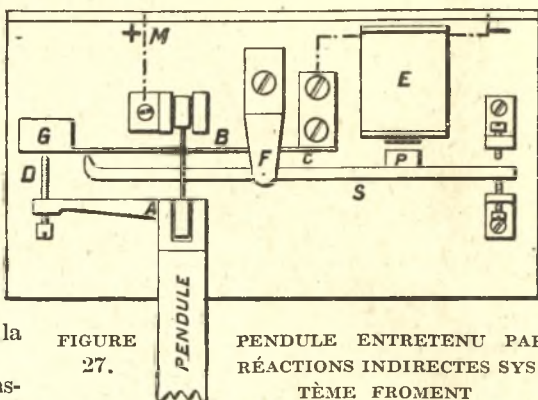


FIG. 26. — APPLICATION DE L'AUTOREMONTAIRE A UNE HORLOGE D'APPARTEMENT FONCTIONNANT AU MOYEN D'UN POIDS



E, électro-aimant; P, armature; G, masse pesante; D, vis solidaire du balancier; S, levier soulevant la masse lorsque l'électro est inerte. (Lorsque le pendule oscille vers la gauche, la vis D vient au contact de G, le courant circule dans l'électro, dégageant la masse G qui accompagne le balancier. L'impulsion est due à ce que la durée du contact entre D et G se trouve allongée dans la partie descendante de l'oscillation du pendule.)

mettant par une lame flexible au pendule, lorsqu'il est vertical, M. Campiche, de Genève, a pu créer un entretien pendulaire à réactions indirectes qui a donné des résultats très appréciables et obtenu un certain succès dans la patrie de son inventeur.

Un pendule compensé P (fig. 28), battant la seconde, fait tourner une roue Q par l'intermédiaire de la lame mobile D. A chaque tour de la roue Q, c'est-à-dire une fois par minute, une goupille G, venant au contact d'un ressort R, ferme le circuit de l'électro-aimant X. L'attraction de l'armature, transmise par un jeu de leviers que l'on voit en détail sur la figure, permet à la lame flexible N de donner une légère impulsion au balancier au moment précis où il passe dans la position verticale. Les chocs étant ainsi réduits en intensité et en fréquence, les appareils Campiche sont généralement susceptibles d'un bon réglage (fig. 30).

En dépit de ce résultat, les horloges à pendule entretenu présentant le plus d'intérêt sont celles où l'action électro-magnétique réagit directement sur le balancier. On est parvenu, en se basant sur ce principe, à réaliser des horloges extraordinairement simples, capables de donner un réglage excellent.

La première pendule de ce genre fut établie par Bain en 1840. Deux aimants fixes, placés à droite et à gauche du balancier, agissaient par attraction ou répulsion sur une bobine fixée à la place de la lentille, parcourue par des courants distribués par le mouve-

ment du pendule ; malheureusement, les variations de la pile entraînaient des variations d'amplitude, qui étaient une source de grosses irrégularités.

Ce fut Hipp, de Neufchâtel (Suisse), qui réussit le premier à pallier à ce grave inconvénient.

La pendule de Hipp eut en Suisse et en Allemagne un très gros succès ; elle fut, d'ailleurs, employée comme pendule-mère dans la plupart des distributions d'heure construites par la maison Favarger, de Neufchâtel, en particulier pour unifier les indications des 800 cadrans du célèbre réseau d'horlogerie électrique qui distribue aujourd'hui encore l'heure aux régions horlogères de la Suisse.

Dans cet appareil (fig. 29), l'impulsion électromagnétique est donnée au balancier lorsque son amplitude descend au-dessous d'une certaine valeur. Le dispositif adopté comprend un électro-aimant fixe, *E*, agissant sur une palette de fer doux *B*, fixée au balancier et passant aussi près de possible des pôles de l'électro pendant la durée de l'oscillation.

L'interrupteur comporte une lame d'acier *C* *D* portant une palette oscillante *G*. Sur le pendule est fixée une pièce *F* d'acier trempé ou d'agate, munie d'une entaille dirigée dans le sens de l'arête de la palette. Lorsque le pendule oscille, la pièce *F* chasse la palette *G* ; tant que l'amplitude du balancier est assez grande, la pièce *F* dépasse la palette qui, retombant par son propre poids avant le retour du balancier, ne fait qu'osciller ; l'amplitude diminuant, il arrive un moment où le retour du balancier se fait à l'instant précis où le tranchant de la palette est engagé dans la fente de la pièce *F* ; la palette ne pouvant se

dégager, il y a arc-boutement, et la lame *CD*, soulevée, vient au contact de la vis *V*, provoquant ainsi l'envoi instantané d'un courant dans l'électro.

Pour qu'il y ait impulsion, le balancier ne doit être influencé que pendant la période descendante de l'oscillation, c'est pourquoi la palette a été placée hors de l'axe vertical du balancier, le circuit électrique se trouve ainsi rompu avant l'arrivée du pendule dans la position verticale.

Les systèmes Siemens et Halske, Lemoine et Lassence sont inspirés du pendule de Hipp.

Les travaux de M. Féry, professeur à l'Ecole de physique et de chimie de Paris, provoquèrent l'abandon définitif de ces systèmes d'entretiens pendulaires.

Les pendules de cet inventeur reçoivent une impulsion constante à chaque oscillation.

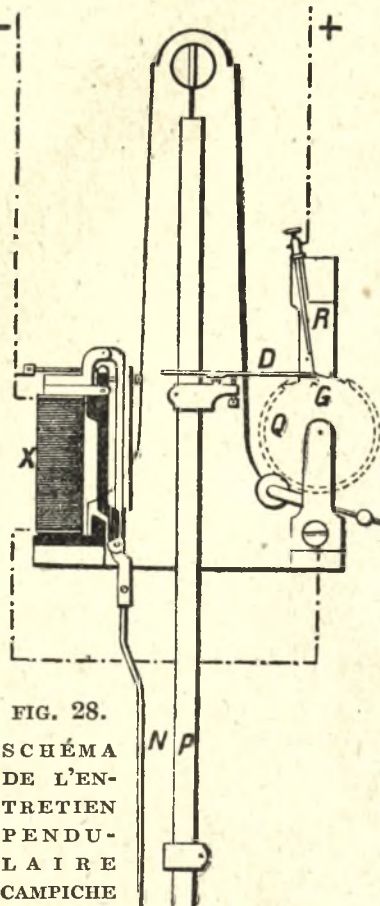


FIG. 28.
SCHÉMA
DE L'ENTRETIEN
PENDULAIRE
CAMPICHE

P, balancier compensé ; *D*, linguet faisant tourner la roue *Q* en une minute ; *G*, goupille venant au contact de *R* à chaque tour de la roue, mettant en action l'électro *X*, qui donne alors, par l'intermédiaire d'un système de leviers et d'une lame flexible *N*, une impulsion au balancier.

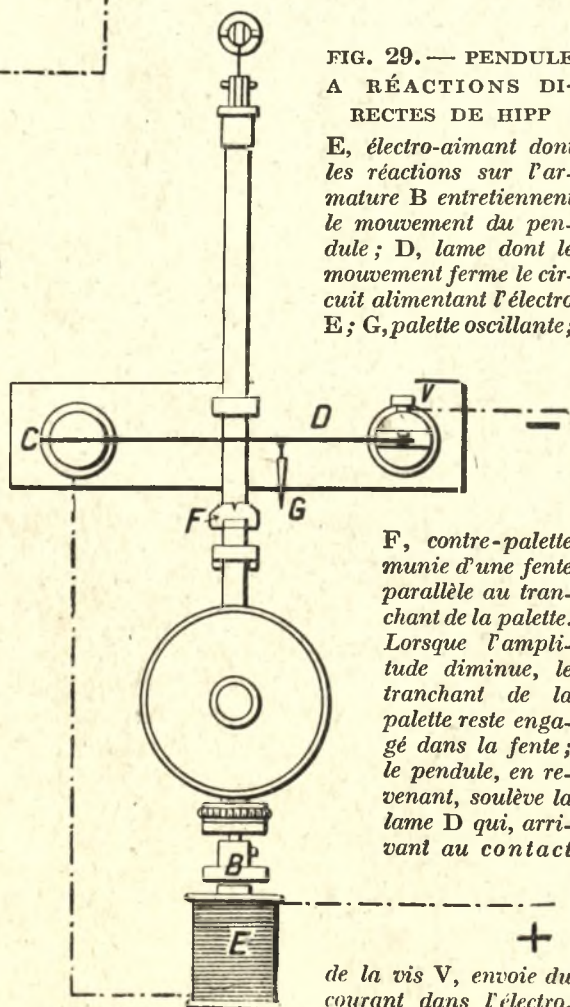


FIG. 29. — PENDULE
A RÉACTIONS DIRECTES
DE HIPPI

E, électro-aimant dont les réactions sur l'armature *B* entretiennent le mouvement du pendule ; *D*, lame dont le mouvement ferme le circuit alimentant l'électro *E* ; *G*, palette oscillante ;

F, contre-palette munie d'une fente parallèle au tranchant de la palette. Lorsque l'amplitude diminue, le tranchant de la palette reste engagé dans la fente ; le pendule, en revenant, soulève la lame *D* qui, arrivant au contact

de la vis *V*, envoie du courant dans l'électro.

Le premier pendule Féry parut à l'Exposition de 1900, sous le nom de pendule à restitution constante. Le système moteur comportait (fig. 31) un aimant en fer à cheval *A* fixé sur l'extrémité du pendule, une des branches de l'aimant *A* passant dans une bobine *F* reliée électriquement aux bobines *B*, *B*, et un « coup-de-poing de Bréguet ».

Ce dernier appareil est composé d'un aimant *NS* portant deux bobines sur ses branches. Lorsque l'on arrache une armature *D* collée sur les pôles de l'aimant, on met en circulation dans le circuit des bobines, une quantité d'électricité constante.

La manœuvre du coup-de-poing de Bréguet est commandée par un électro-aimant *E* actionné par le courant de la pile *P* lorsque le contact *C*, porté par le pendule, arrive au contact du ressort rond *R*, en fil d'acier.

Cette action, qui se produit lorsque le pendule passe dans la verticale, détermine l'envoi d'une quantité d'électricité absolument constante dans la bobine *F*; on obtient ainsi une attraction de l'aimant correspondant à une impulsion constante au balancier. Le pendule, continuant sa

FIG. 30. — LE RÉGULATEUR CAMPICHE (VUE GÉNÉRALE)

course, ovalise le ressort *R*. Au retour, il quitte ce ressort dans la verticale; le courant de la pile étant coupé, l'armature de l'électro redevient libre et l'aimant *A* rappelle son armature en donnant un courant inverse du premier. Le pendule reçoit ainsi

une impulsion à l'aller et une autre au retour.

Paul Garnier fut chargé de l'exécution du pendule Féry, devant figurer à l'Exposition Universelle de 1900. Le lecteur pourra se rendre compte, par l'examen de la figure 32, que, dans le but de rendre l'appareil plus esthétique et moins gros consommateur d'électricité, certaines dispositions originales ont été assez profondément modifiées.

Cet appareil était capable de mesurer le temps avec une précision extraordinaire. Tel quel, il fut installé dans les caves de l'Observatoire et contrôlé très rigoureusement pendant un mois par M. Bigourdan;

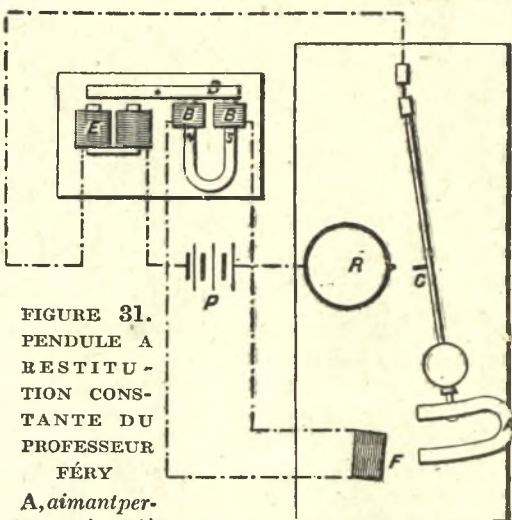


FIGURE 31. PENDULE A RESTITUTION CONSTANTE DU PROFESSEUR FÉRY
A, aimant permanent porté par le balancier; *F*, bobine fixe agissant sur l'aimant *A*; *NSBB*, coup-de-poing de Bréguet, chargé d'alimenter la bobine *F*; *E*, électro-aimant arrachant l'armature *D* du coup-de-poing lorsque le contact *C* arrive au contact du ressort rond *R*. A chaque mise en action de l'électro, on détermine le passage d'une quantité d'électricité rigoureusement constante dans la bobine *F*. L'impulsion est, par suite, constante, les impulsions restent égales et l'appareil donne un réglage parfait.

il n'accusa aucune variation supérieure à six dixièmes de seconde. Un tel résultat caractérise la constance de l'impulsion due au coup-de-poing de Bréguet.

Louis Brillié remplaça le coup-de-poing de Bréguet de l'entretien pendulaire Féry, par une pile au sulfate de mercure, dérivée de la pile étalon Latimer Clark, et rendit, par une étude convenable de l'enroulement de la bobine l'appareil fort peu sensible aux variations de force électro-motrice qui peuvent accidentellement se produire.

Considérés comme appareils d'observatoires les appareils Féry-Brillié, pourvus d'un

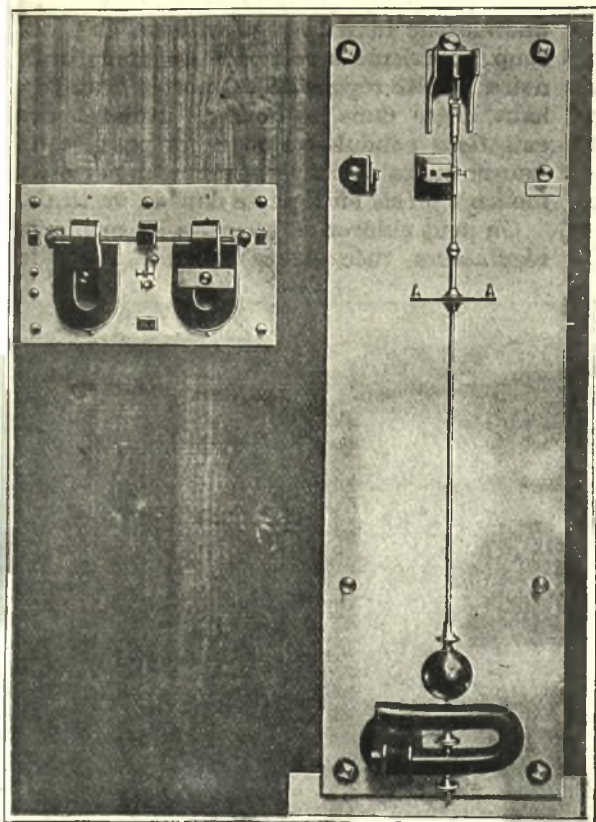


FIG. 32. — LE PENDULE A RECONSTITUTION
CONSTANTE A L'EXPOSITION DE 1900

On peut voir que le pendule primitif a déjà été très modifié: les pièces C et R, encombrantes et disgracieuses, ont été remplacées par un petit dispositif, visible à la partie supérieure de la figure, tandis que l'électro et le coup-de-poing de Bréguet ont été combinés en un tout plus esthétique et surtout beaucoup plus économe de courant.

balancier d'un mètre, donnent des résultats véritablement surprenants, comparables en tous points à ceux obtenus avec le pendule Féry de l'Exposition de 1900.

Plusieurs régulateurs de ce système sont employés comme garde-temps à l'Observatoire de Paris et deux d'entre eux envoient chaque jour les signaux horaires à la tour Eiffel, pour être transmis ensuite par la télégraphie sans fil au monde entier.

Il existe encore un système que l'on ne peut ranger dans aucune des catégories précédentes : dans cette pendule, l'inventeur, M. O'Keenan, l'électricien bien connu, remplace hardiment l'action du grand ressort par le couple que donne un petit moteur électrique (fig. 33 et 34). Ce moteur à axe vertical a son champ inducteur fourni par un aimant permanent N, S. L'induit I, fixé sur l'axe X, X', repose sur une crapaudine

en saphir P, comme le montre le schéma.

Cet induit, du genre Siemens, à trois bobines, ne comporte pas de fer tournant ; le courant lui arrive par un petit collecteur C formé de trois lames d'or, sur lequel portent deux lames d'or B, B, faisant office de balais. L'axe X, X' porte à sa partie supérieure une vis tangente V, qui entraîne dans sa rotation la roue de vis sans fin R liée élastiquement à la roue d'échappement. Le pendule ou le balancier circulaire qui régularise le mouvement de la roue d'échappement régularise du même coup le mouvement du moteur. L'entraînement des aiguilles se fait par un rouage commandé par un pignon monté sur l'axe de la roue R.

La quantité d'électricité nécessitée par cet appareil n'est pas supérieure à celle de la pendule de M. Féry ; les variations, un peu plus étendues que celles des pendules Brillié, ne dépassent pas, toutefois, une demi-minute à une minute par mois ; ce petit désavantage est d'ailleurs bien compensé par un prix de revient relativement modique, permettant de livrer ces

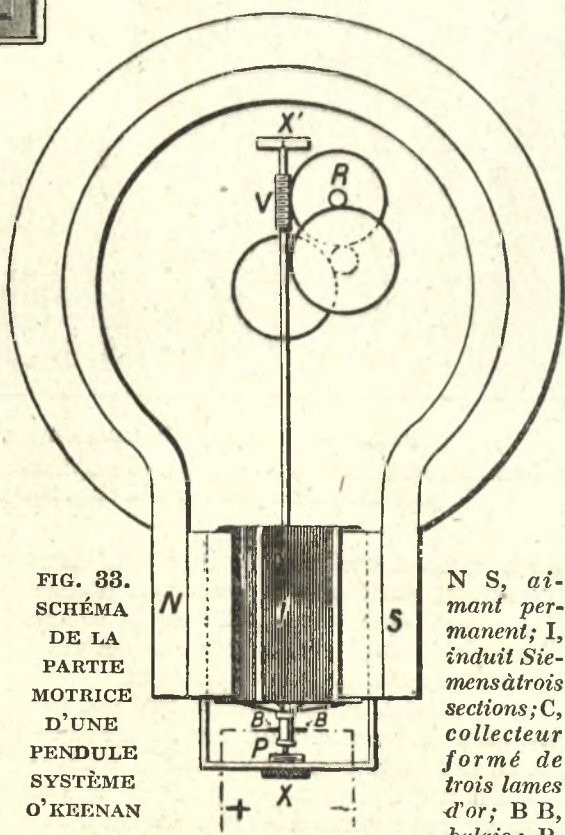


FIG. 33.
SCHÉMA
DE LA
PARTIE
MOTRICE
D'UNE
PENDULE
SYSTÈME
O'KEENAN

N S, aimant permanent; I, induit Siemens à trois sections; C, collecteur formé de trois lames d'or; B B, balais; P, crapaudine en saphir; V, vis tangente entraînant dans sa rotation la roue R, liée élastiquement à la roue d'échappement de la pendule.

pendules pratiques à des prix très acceptables.

Une conclusion s'impose à cette étude un peu longue, que nous nous excusons d'avoir présentée d'une manière un peu technique quoique encore bien incomplète, tellement les recherches ont été nombreuses. Dès maintenant, on peut considérer le problème du remontage électrique des appareils chronométriques comme étant complètement résolu.

une marche dont la régularité est de beaucoup supérieure à celle des appareils ordinaires ; cette régularité est portée à un très haut degré dans les horloges utilisant des entretiens pendulaires où il est possible de fournir au balancier l'impulsion motrice au moment précis où il passe dans la verticale.

On peut chiffrer ce progrès : les meilleurs régulateurs mécaniques ne mesurent le

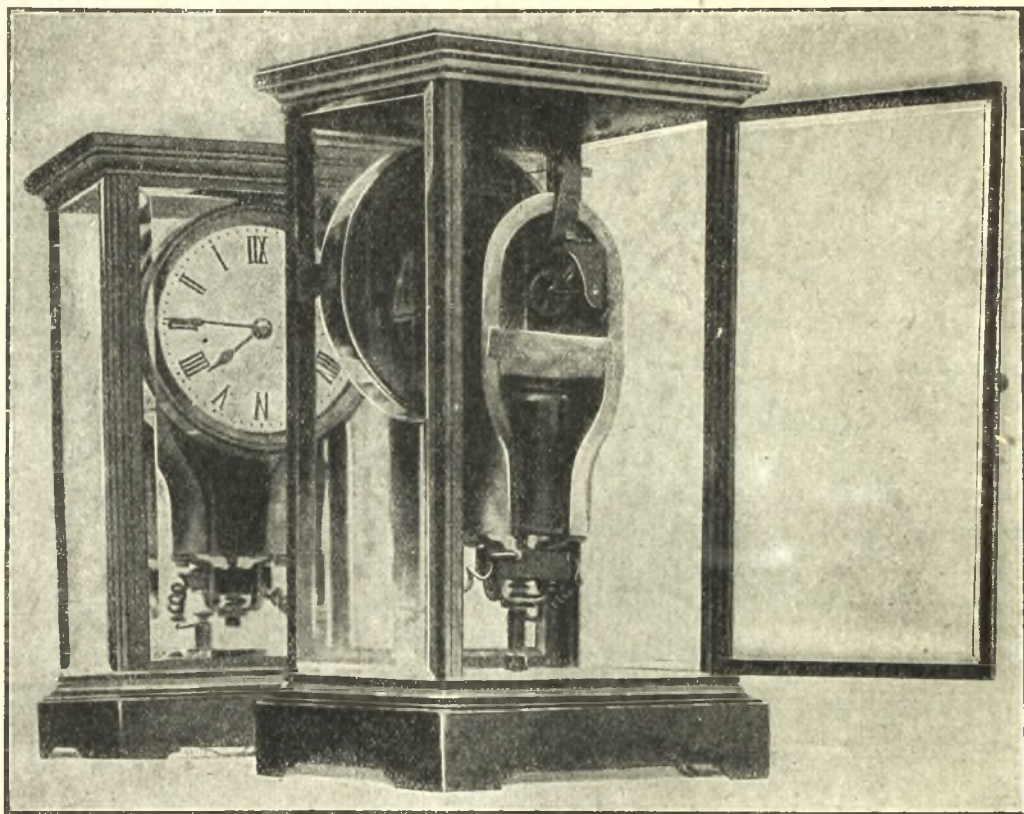


FIG. 34. — PENDULE A REMONTOIR ÉLECTRIQUE, SYSTÈME O'KEENAN

On remarquera la sobriété des lignes et la simplicité de cet appareil, dont le fonctionnement, très régulier, peut être assuré pendant plus de quatre ans par une pile dissimulée dans le socle.

La plupart des dispositifs ingénieux dont nous avons parlé sont susceptibles d'assurer, jusqu'à épuisement total de la source d'électricité employée, la marche des horloges auxquelles ils sont appliqués.

Mais, en dehors de l'intérêt que pouvait présenter la question du remontage électrique des pendules, nous sommes redevables à ceux qui se sont appliqués à la réaliser d'un progrès énorme dans la précision chronométrique elle-même. La concordance de l'effort moteur assure, en effet, à la plupart des appareils à remontage automatique,

temps qu'avec une approximation à peine égale à un cent millième du temps mesuré, tandis que certains régulateurs munis d'entretiens pendulaires sont susceptibles de faire la même mesure au millionnième près.

Puisse le lecteur, en parcourant ce petit travail, se rendre compte des trésors d'ingéniosité qu'ont dû dépenser horlogers et électriciens, pour arriver à ce simple résultat, qui, bien que proche, n'est cependant pas encore complètement atteint : lui éviter de remonter son réveil tous les soirs.

R. CHEVALIER.