

11 Janv 1915

ÉCOLE NATIONALE D'HORLOGERIE
ET DE MÉCANIQUE DE PRÉCISION
BESANÇON

COURS
D'HORLOGERIE ÉLECTRIQUE

NOTES COMPLÉMENTAIRES



ECOLE NATIONALE d'HORLOGERIE
et de Mécanique de Précision de

BESANCON

COURS d'HORLOGERIE ELECTRIQUE

Application de l'électricité à l'horlogerie. - Les applications de l'électricité à l'horlogerie peuvent se diviser en 2 grandes classes :

1°)-Horloges électriques indépendantes comprenant tous les mécanismes d'horlogerie dont la marche est entretenue par une source d'électricité agissant d'une façon intermittente sur le mécanisme d'horlogerie par l'intermédiaire d'un électro A, d'un solénoïde ou d'un moteur, le débit de la source sur l'appareil étant commandé par le mécanisme d'horlogerie. Dans cette classe rentre l'horloge destinée aux particuliers: régulateur, œil-de-boeuf, pendule de cheminée, horloge de parquet, etc..

La pile source utilisée généralement est dissimulée dans le cabinet ou le socle.

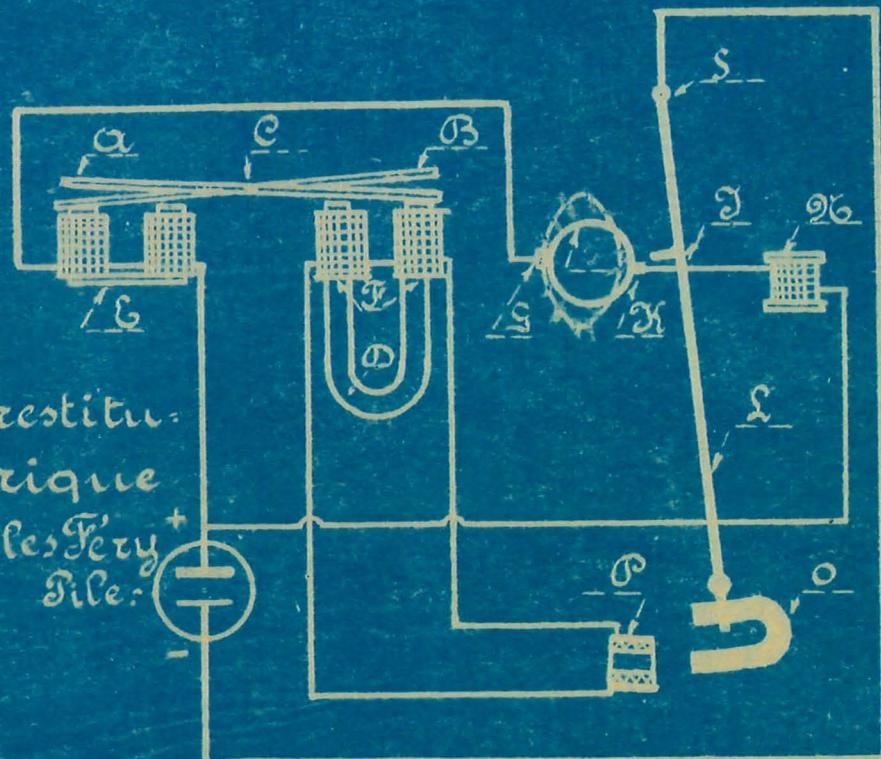
Avantages de ces horloges: fonctionnent de une à plusieurs années sans entretien.

2°)-Systèmes d'unification de l'heure par l'électricité: Tous ces systèmes ont pour but, l'unification de l'heure dans une ville, dans un pays ou pour l'ensemble des pendules ou horloges d'un même établissement, au moyen de l'électricité.

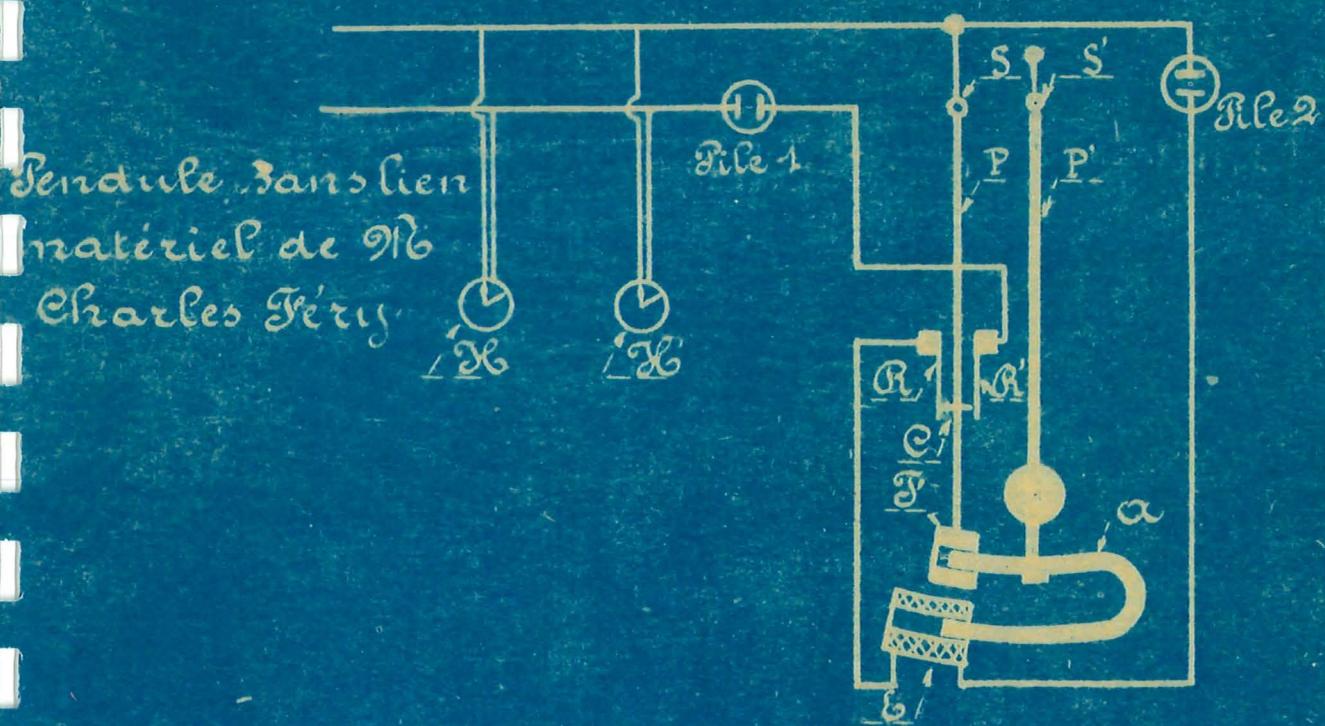
Ces 2 grandes classes comprennent chacune plusieurs catégories d'appareils indiquées par le tableau ci-dessous.

Horlogerie électrique	1°) Horloges électriques indépendantes	1°) Horloges à remontage automatique-Silencia David-Perret, Normal Zeit
	2°) Systèmes de l'unification de l'heure par l'électricité	2°) Horloges à réaction directe-Pendules Ferry ordinaire et sans lien matériel, Pendule à frein automatique de Favarger, Pendules Ch. Pons, Ch. Poncet, Montre électrique Couzon.
		3°) Horloges à réaction indirecte; Pendule Baumann, Montre électrique et pendule Huguenard
		1°) Horloges Mères- Silencia-Fénon
	2°) Systèmes de l'unification de l'heure par l'électricité	2°) Horloges réceptrices-V. David-Perret Favarger, Silencia, Ferry
		3°) Horloges à détente électrique-Pendules de Hipp
		4°) Horloges à remise à l'heure-Systèmes Collin et Fénon.
		5°) Horloges synchronisées- Système connu Système Fénon.

Pendule électrique.



Pendule à restitu-
tion électrique
de M. Charles Fery
Pile:



Pendule sans lien
matériel de M.
Charles Fery.

1^o Classe.

Horloges à remontage automatique: comprenant tous mécanismes d'horlogerie à poids ou à ressorts dont le remontage au lieu de s'effectuer à la main, s'opère électriquement à des intervalles très rapprochés.

Horloges à réactions directes.- L'action électrique s'opère directement sur l'organe régulateur, pendule ou balancier, sans intermédiaire mécanique.

Horloges à réactions indirectes.- L'action électrique s'opère indirectement sur le pendule ou le balancier par l'intermédiaire d'un organe mécanique qui peut être par exemple un léger poids ou un faible ressort qui soulevé ou armé par un dispositif électrique communiqua une impulsion à l'organe régulateur.

2^o Classe.

Horloges mères.- Dans un système d'unification de l'heure par l'électricité, l'horloge mère est celle qui distribue le courant qui actionne les autres horloges. L'horloge mère encore appelée horloge centrale, horloge directrice ou horloge primaire est généralement un régulateur de précision dont un des rouages commande un ou plusieurs interrupteurs de courant correspondant chacun à un groupe d'horloges ou à des relais commandant ces groupes.

Horloges réceptrices.- Ces horloges sont actionnées par le courant distribué par une horloge mère. Elles ne comportent souvent qu'une minuteire mise en mouvement par un dispositif électrique quelconque; elles enregistrent à distance les indications de l'horloge mère.

Horloges à détente électrique.- L'horloge comprend un rouage avec poids ou ressort, mais l'échappement mécanique est supprimé et remplacé par un mécanisme d'arrêt de rouage commandé électriquement.

Horloges à remise à l'heure.- L'électricité a pour but de remettre les horloges à l'heure, de corriger leur marche par l'intermédiaire d'une horloge mère, à des intervalles de temps plus ou moins grands.

Horloges synchronisées.- Deux ou plusieurs horloges sont synchronisées quand le mouvement de leurs organes régulateurs respectifs (pendule généralement) sont constamment dépendants les uns des autres. C'est une remise à l'heure s'exerçant à de très petits intervalles.-(1 seconde ou 1/2 seconde

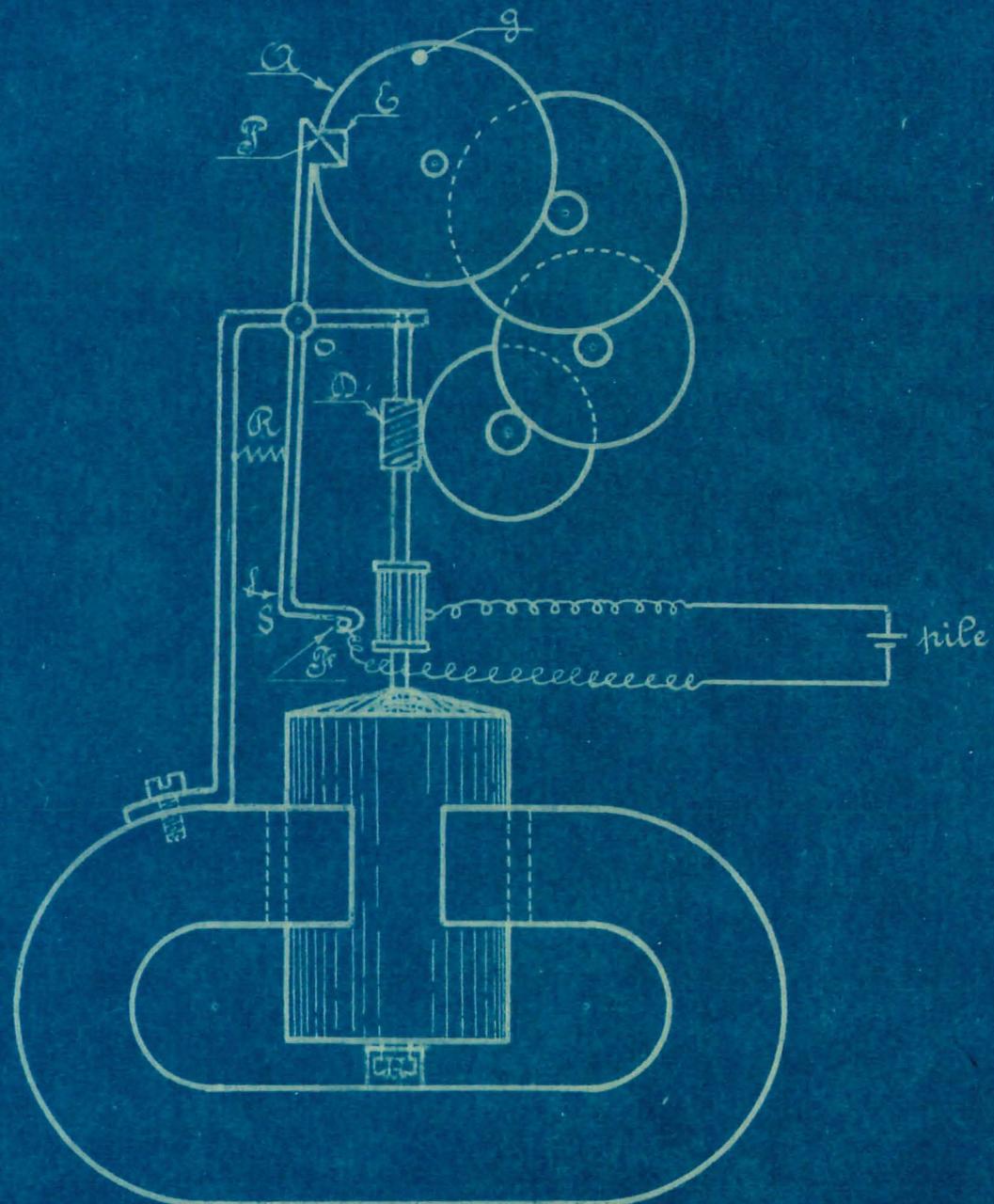
Remarque.- Dans les quelques exemples qui suivent, nous ne décriront que la partie intéressante l'électro-aimant sans nous attarder aux dispositifs ouvrant ou fermant le circuit.

I^o) - HORLOGES à REMONTAGE AUTOMATIQUE

Horloge Silencio.- Description.- Cette horloge comporte un barillet moteur A avec son ressort permettant 3 tours de développement environ. Le couvercle porte une encoche E, placée en avant de la figure. Sur l'arbre de barillet est montée directement la roue de centre d'un mécanisme d'horloge ordinaire. Sur la roue de centre est fixée une goupille g qui tourne avec elle et fait un tour par heure. Le barillet est remonté automatiquement toutes les heures de la même quantité par un petit moteur électro-magnétique actionné directement par un élément de pile.

Pendule électrique.

Pendule à renvoiage automatique
Silencio. -



La tige sans fin D de l'axe de l'induit engrène avec la denture du barillet A par l'intermédiaire d'une série de pignons et de roues qui ont pour but de réduire la vitesse du moteur et de multiplier la force. Un levier à fourche POS mobile autour du point O porte 2 fourches terminées par deux plans inclinés P (un seul est visible sur la figure) et à son autre extrémité un petit crochet S destiné à accrocher le balai E du moteur. Un petit ressort antagoniste r maintient le levier POS toujours appuyé sur le couvercle de barillet.

Fonctionnement. -- Le mouvement d'horlogerie étant en marche, la goupille g fixée sur la roue de centre qui fait un tour toutes les heures, vient glisser sur le plan incliné P du levier POS et oblige l'extrémité S qui tenait le balai E éloigné du collecteur, le laisse librement poser sur ce dernier et ferme ainsi le circuit de la pile sur le moteur qui se met en marche en faisant tourner le barillet B. Le plan incliné qui se trouvait au fond de l'encoche du couvercle du barillet vient par suite de ce mouvement reposer sur le bord du couvercle et maintient le levier POS dans sa position inclinée. Le moteur continue ainsi à tourner jusqu'à ce que l'encoche vienne se présenter devant P c'est-à-dire jusqu'à ce que le barillet ait fait un tour; à ce moment le plan incliné P tombe dans le fond de l'encoche, le levier POS sollicité par son ressort r bascule et le crochet S coupe le circuit du moteur en soulevant le balai E qui n'appuie plus sur le collecteur. Une heure après, la goupille g viendra à nouveau faire osciller le levier POS et les mêmes phénomènes se reproduiront. Le remontage d'un tour du barillet a donc lieu toutes les heures.

Grâce à ce dispositif, le moteur est astreint à des remontages de valeurs rigoureusement égales quitte à ce qu'il effectue son travail plus ou moins rapidement suivant l'état de la pile. Ce remontage varie entre 5 et 10 minutes, sans exercer aucune influence sur le réglage de la pendule.

Horloge V. David Perret. -- Description. -- L'électro-aimant comporte 2 bobines et leurs noyaux (une seule est visible sur la figure). L'armature mobile a pivote sur l'axe p et agit par un levier l terminé par une goupille g agissant sur les dents de la roue R qui commande un mécanisme d'horlogerie (rouage, échappement, balancier). Un ressort R qu'on peut armer au moyen d'une vis r a pour effet en agissant sur l'armature a, de faire mouvoir la roue R dans le sens de la flèche.

Fonctionnement. -- Toutes les minutes un courant électrique passe dans les bobines e, à ce moment l'armature a violemment attirée, soulève le levier articulé l ainsi que sa goupille g qui remonte d'une dent sur la roue R. Dans ce mouvement le ressort r a été armé d'une certaine quantité. Le courant cesse, l'armature et son levier, sous l'action du ressort r font tourner lentement la roue R et l'armature s'éloigne ainsi des noyaux jusqu'au prochain passage de courant qui reproduira les mêmes opérations en remontant encore la goupille g d'une dent.

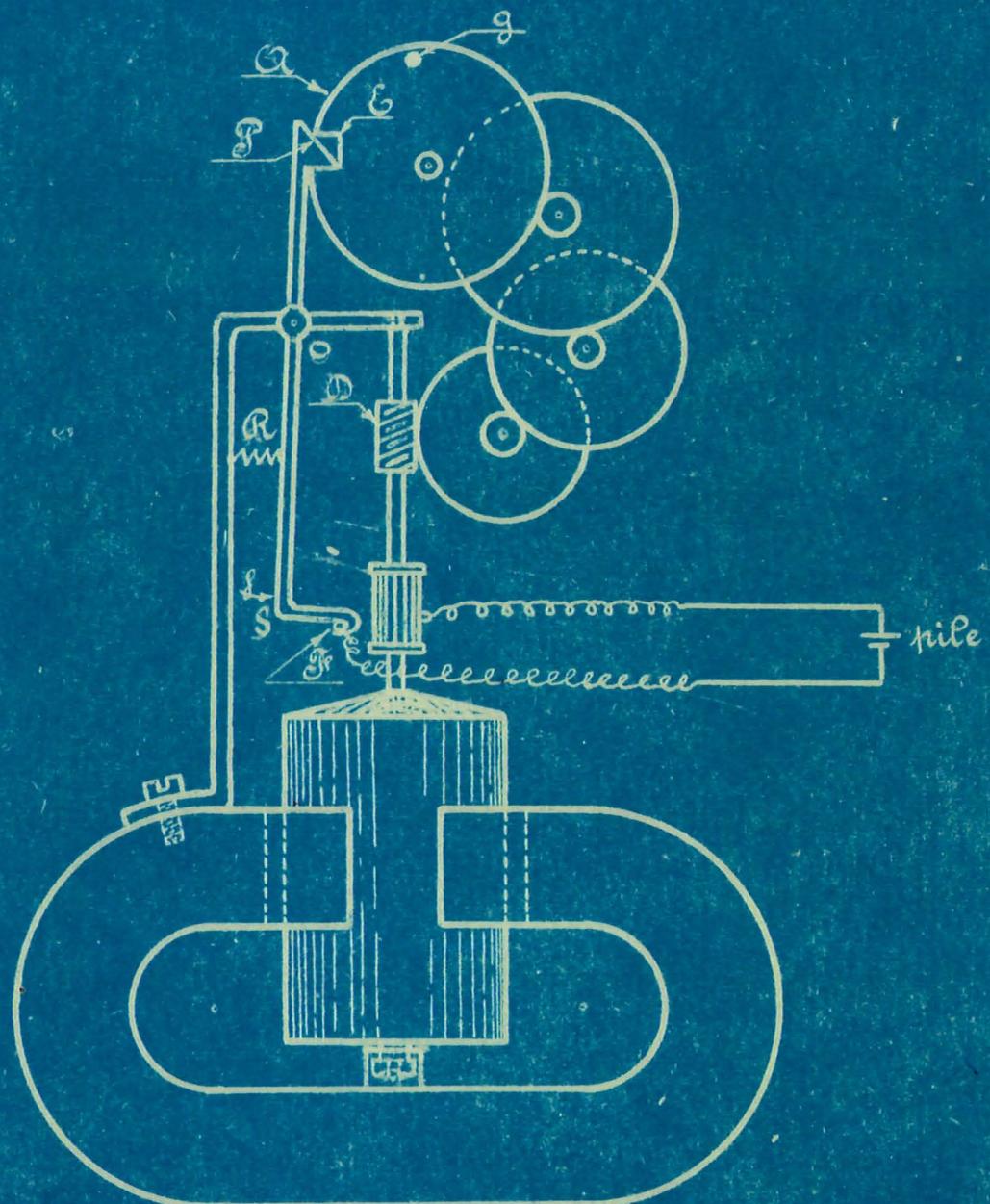
Toutes les minutes se répètent les mêmes fonctions.

Un ressort auxiliaire continue l'effet du ressort pendant le remontage de la goupille (quelques centièmes de seconde).

Normal Zeit à Berlin. -- Description. -- L'électro-aimant composé d'un noyau et de sa bobine e est fixe; le noyau est muni d'une semelle circulaire S. L'armature mobile a pivote sur l'axe d et possède une semelle circulaire S' concentrique et très rapprochée de la première; son extrémité porte une goupille g sur laquelle vient s'appuyer un bras l pivotant sur l'axe de la roue R qu'il commande par le cliquet c. Le poids P

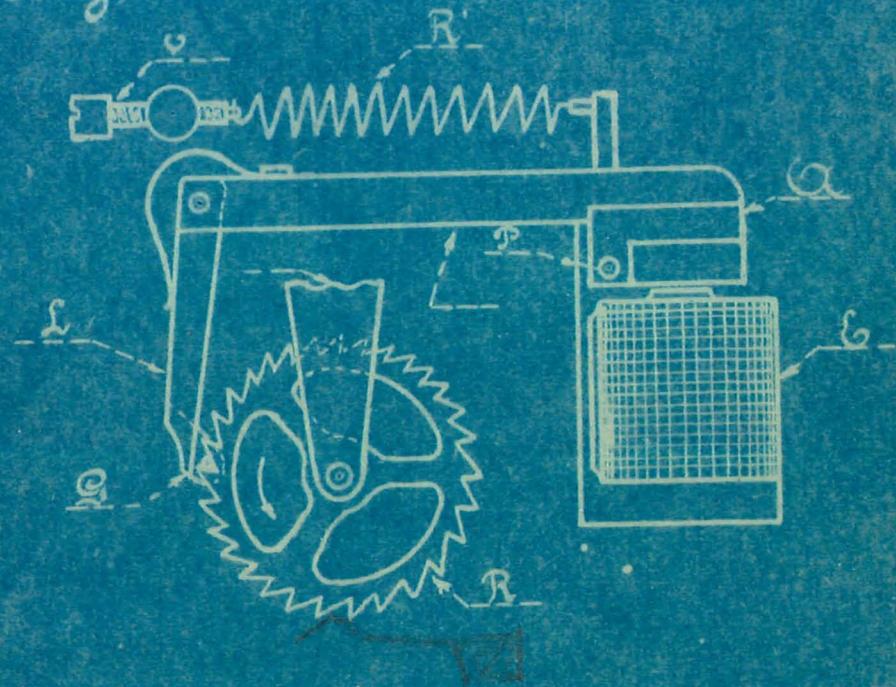
Pendule électrique.

Pendule à remontage automatique
Silencio. -

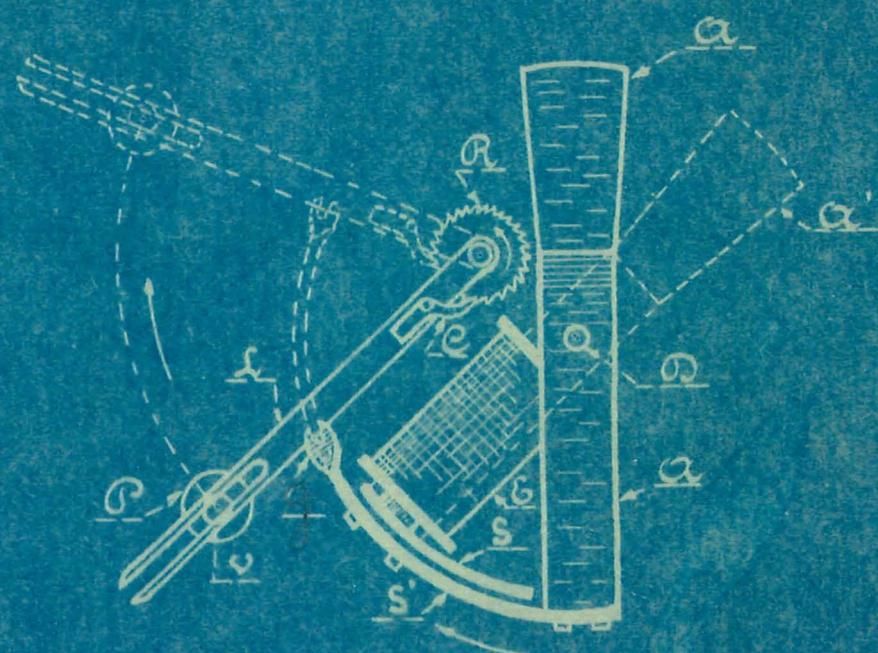


Pendule électrique. -

Renforcement automatique David Perret.



Renforcement automatique normal-zeit



est réglable et peut être déplacé dans l'ouverture du bras 1, la vis v sert à le fixer. Suivant son éloignement de la roue R ce poids P exercera sur celle-ci un effort de rotation plus ou moins puissant dans le sens de la flèche.

Cette roue R commande un mécanisme d'horlogerie.

Fonctionnement. - Le levier 1 et son cliquet c étant dans la position pointillée, la roue R tourne dans le sens de la flèche sous l'effort du poids P. Le levier 1 descend jusqu'à la position représentée en traits pleins. À ce moment un mécanisme spécial ferme le courant d'une pile sur l'électro-aimant e dont la semelle S attire rapidement l'armature mobile a par la semelle S' jusqu'à la position a'. Dans ce mouvement la semelle S' soulève le levier 1 par la goupille g et le ramène dans la position pointillée initiale.

Le même jeu recommence après chaque course du poids P, c'est-à-dire toutes les 10 minutes environ.

3°) HORLOGES à REACTION DIRECTE

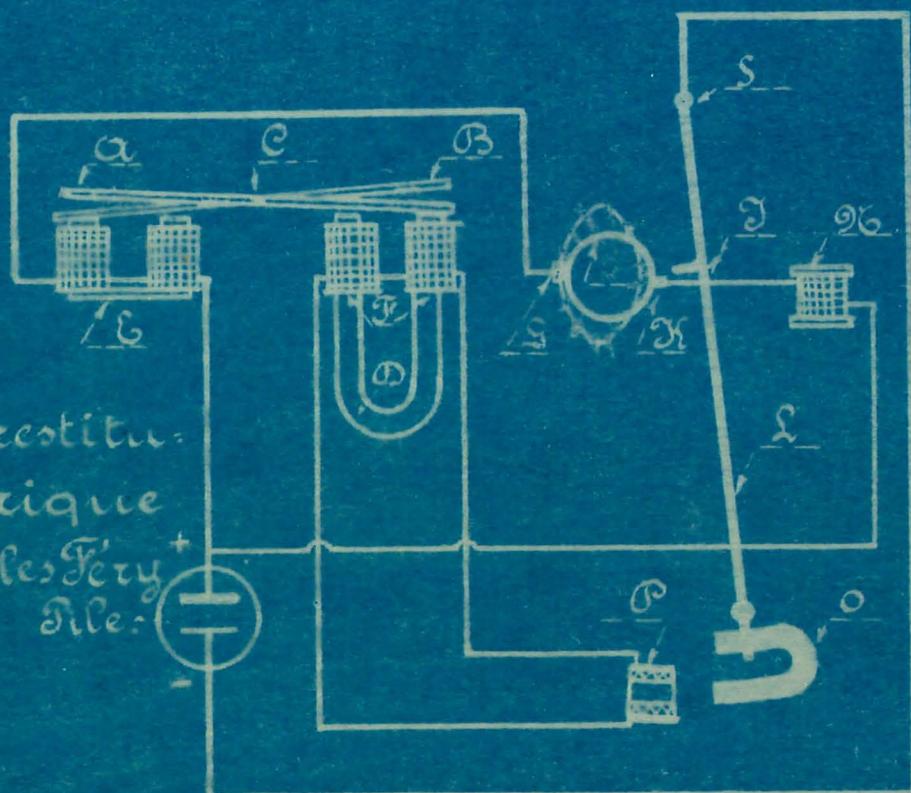
Pendule à restitution électrique constante de M. Ch. Féry. - La pendule Féry est constituée par un aimant permanent en fer à cheval A dont chacune des branches porte une bobine e, les extrémités de ces bobines sont reliées au fil du solénoïde B dans lequel peut entrer et sortir une des branches d'un aimant D qui termine le pendule P suspendu en S. Une armature ab pivotant sur l'axe C est maintenue par l'attraction de l'aimant A dans la position dessinée en traits pleins; elle appuie par son extrémité b sur les pôles de l'aimant en fer à cheval A, tandis que l'autre, a se trouve éloignée des pôles de l'électro-aimant E.

Le fil de l'électro E est relié d'une part au pôle + de la pile, de l'autre aboutit en p à un très léger ressort r constitué par une lame d'acier destinée à la construction des spiraux de chronomètres de marins et ayant la forme d'une circonférence. Le pendule P relié électriquement par sa suspension S au pôle - de la pile, porte un doigt d qui dans la position représentée est éloigné du ressort circulaire de cette façon le courant de la pile est interrompu. Le courant ne pas sera pas dans l'électro E que lorsque le pendule oscillant de droite à gauche vient appuyer par son doigt d sur le ressort r qui cède et prend la forme d'une ovale (ligne pointillée). À ce moment, l'électro, étant excité, attire brusquement l'armature dans la position en pointillé. L'arrachement de l'extrémité b du pôle de l'aimant A détermine dans celui-ci une variation de flux qui donne naissance dans l'enroulement e à un courant induit qui circule dans le solénoïde B où il détermine un flux magnétique qui attire la branche de l'aimant D du pendule. Au retour de son oscillation, le doigt d abandonne le ressort r, le courant est interrompu, l'attraction de E cesse et l'armature sous l'effet de l'attraction de l'aimant A, vient de nouveau plaquer sur les pôles. Le circuit magnétique de l'aimant se trouve fermé, la valeur de son flux magnétique augmente brusquement: ce qui se produit un nouveau courant induit dans l'enroulement e, et le solénoïde B, mais cette fois de sens contraire au premier, c'est-à-dire que l'aimant D est repoussé de gauche à droite. Le doigt d du pendule, ayant fermé puis ouvert le circuit de la pile, a donc eu pour conséquence la production dans le solénoïde B de deux courants induits, courants qui se sont traduits chaque fois par une impulsion exercée chaque fois dans le sens propice à l'oscillation du pendule.

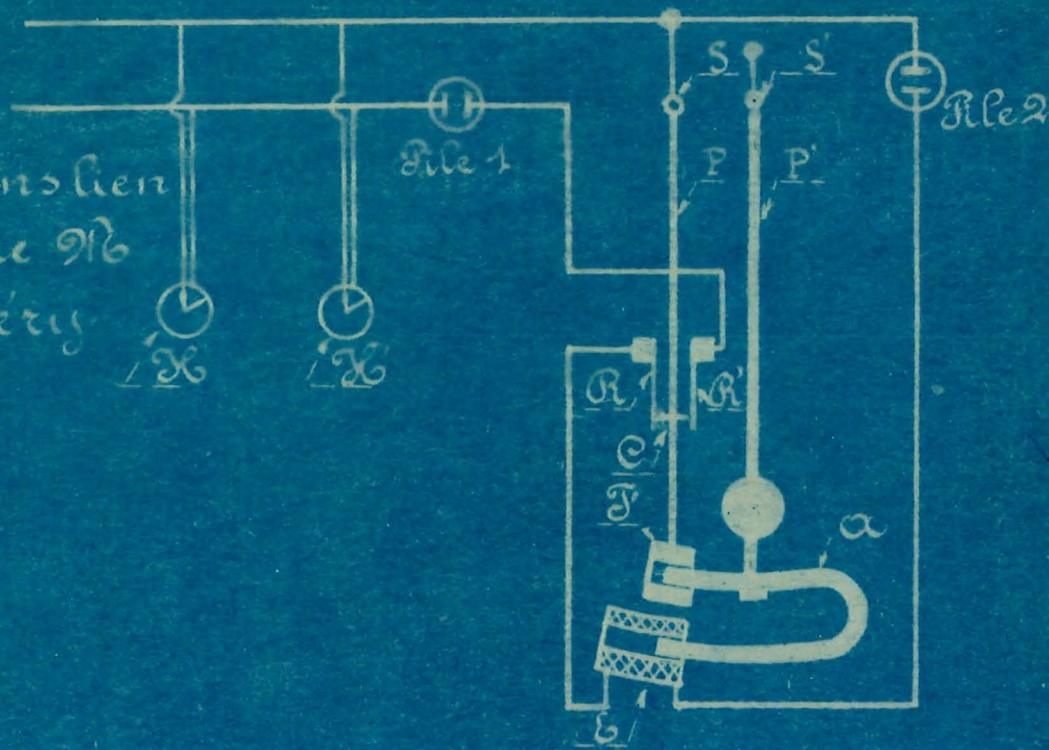
Pendule électrique. -

Scandale à restitu- tion électrique

de 96 Charles Ferry
ville.



Pendule sans lien
matériel de N°
Charles Féru



Le rôle de la bobine R, dont le fil est relié d'une part à une goupille g, de l'autre sur le circuit de la pile, est d'éviter l'étincelle de rupture aux points de contact.

Au moment où le doigt d quitte le ressort r, celui-ci vient appuyer sur la goupille g et la surtension du courant due à la self induction que présente l'électro E, au lieu de se manifester par une étincelle entre le ressort r et le doigt d se dépense dans le circuit formé constitué par :goupille g - bobine R - fil partant du pôle + de la pile - électro E, plot p, ressort r, et goupille g.

La forme particulière du ressort r a été choisie par M.Féry dans le but d'éviter tout frottement au point de contact. Par cette disposition, le ressort appuyant sur le doigt d suit l'oscillation du pendule dans tous ses mouvements sans glisser: ce qui a de l'importance dans les horloges de précision.

M.Féry s'est ingénier à éliminer encore cette cause de perturbation et a réalisé un pendule que nous allons décrire et qui ne touche à aucun corps solide pendant son oscillation.

Pendule sans lien matériel de Ch.Féry. - Cette horloge est une application intéressante des courants induits et des courants de Foucault. Elle réalise un problème des plus curieux qui à première vue semble impossible: celui d'un pendule qui commande l'entretien de son propre mouvement et celui d'autres appareils, sans entrer en contact avec aucun corps solide.

Cette horloge se compose de 2 pendules: le premier P suspendu sur S porte à son extrémité inférieure un anneau de cuivre rouge F dans lequel pénètre une des branches de l'aimant en fer à cheval A fixé à l'extrémité du deuxième pendule P' suspendu en S'.

Ces 2 pendules ont la même durée d'oscillation. Le pendule P lorsqu'il oscille, entre alternativement en contact par sa traverse C avec les ressorts r et r'. Le contact avec r ferme le circuit de la pile 2, sur le solénoïde E, dans l'ouverture duquel peut se mouvoir la seconde branche de l'aimant A. Le contact avec r' ferme le circuit de la pile I sur les horloges réceptrices h, h', etc...

Ce pendule convenablement réglé, jouit de la propriété intéressante de se mettre en marche de lui-même dès qu'on ferme ses bornes sur une pile. Le solénoïde E étant parcouru par un courant de sens convenable attire la branche de l'aimant A; l'autre branche en se déplaçant dans l'anneau massif de cuivre F, y détermine des courants de Foucault; ces courants réagissent sur la branche aimantée, et le pendule P, entraîné par ces réactions successives, se met à osciller avec le pendule P', fermant tour à tour le circuit de la pile 2 sur le solénoïde E et celui de la pile I sur les réceptrices.

Au moment de la mise en marche, le pendule P ne commence pas son oscillation exactement en même temps que le pendule P'; il se produit entre ces deux pendules un retard, un décalage de $1/4$ de période.

Pendule Féry modifié. - Cet pendule est à réaction directe, car l'action électrique s'exerce directement sur le pendule pour entretenir ses oscillations.

Elle comprend en principe: un pendule P, battant la demi-seconde, constitué par une tige d'invar et terminé par un aimant permanent A en forme de fer à cheval. Le cylindre en laiton m est la masse réglage

te de ce pendule. L'aimant A participe à ses oscillations et l'une de ses branches n peut s'introduire dans un solénoïde S fixé de telle manière que l'extrémité de l'aimant n soit à égale distance des extrémités n's du solénoïde, lorsque le pendule est sur la verticale. Une fourchette f oscillant avec le pendule P porte un cliquet coudé T, mobile autour du point O; ce cliquet a pour fonction de faire tourner d'une dent la roue d'échappement E quand le pendule oscille vers la gauche; il se soulève et glisse sur le plan incliné de la dent quand le pendule oscille vers la droite. Un faible ressort sautoir BDF fixé en B maintient la roue d'échappement en position quand le cliquet glisse sur la dent, il porte en outre un contact en or D.

Un faible ressort CK, fixé en C porte un contact en argent K en regard du contact D; ces 2 contacts ferment l'interrupteur du courant de la pendule. Cet interrupteur se ferme quand le sautoir est soulevé par les dents de la roue d'échappement. La rupture s'opère brusquement quand le sautoir tombe dans un vide de cette roue. Une petite pile au baryxyde de mercure, c'est-à-dire à force électro-motrice constante (IV,5 environ) fournit l'énergie nécessaire à la marche de la pendule.

La roue d'échappement tournant d'une dent par seconde actionne un rouage et une minuterie portant des aiguilles. Le solénoïde est constitué par une bobine en laiton, fendue pour éviter les courants Foucault, sur laquelle est enroulé un fil de cuivre isolé très résistant (ohms)

Fonctionnement. - Le courant de la pile est envoyé dans le solénoïde par l'interrupteur DF qui se ferme quand le pendule a sa plus grande vitesse, c'est-à-dire lorsqu'il passe par la verticale. L'interrupteur ne reste fermé qu'un temps très court, 0,1 environ. Le solénoïde jouissant de la propriété des aimants lorsqu'un courant le parcourt, agit sur le pôle de l'aimant A et lui communique aussi chaque seconde, une légère impulsion suffisante cependant pour entretenir ses oscillations et assurer la marche de la pendule.

Bien que cette pendule soit à réaction directe, la marche en est satisfaisante parce que la pile est à force électromotrice constante et que l'intensité qui lui est demandée est infime (moins d'un millième d'ampère).

La durée de marche pratique sans changer la pile est de plus de 2 ans. Le réglage étant obtenu au moyen de la masse m, il est possible de corriger l'avance ou le retard au moyen d'un réglage magnétique constitué par 2 petites masses en fer doux situées dans le voisinage du solénoïde. Ces petites masses suivant leur position, produisent une légère dérivation magnétique qui se traduit par une légère avance ou un léger retard dans les oscillations suivant le cas.

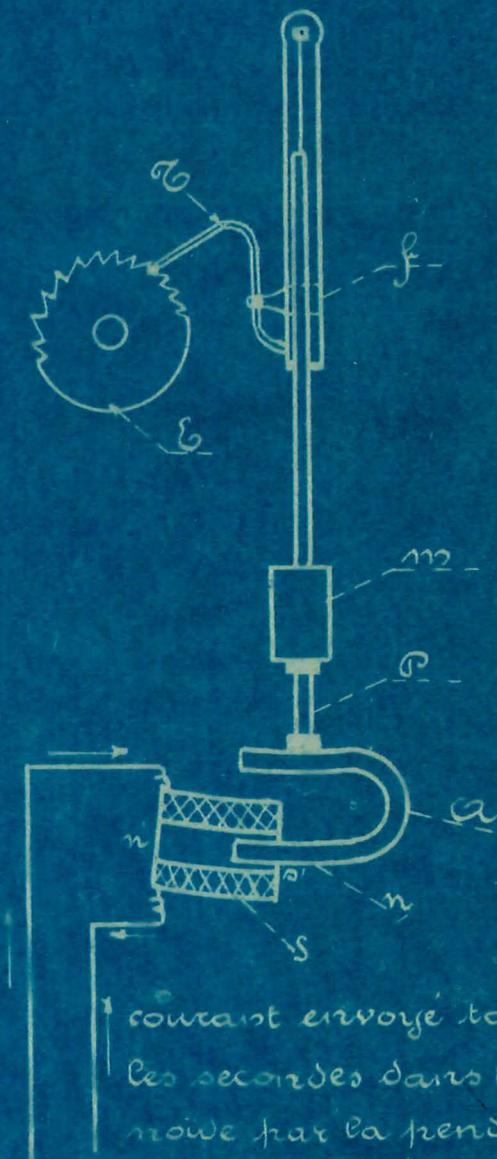
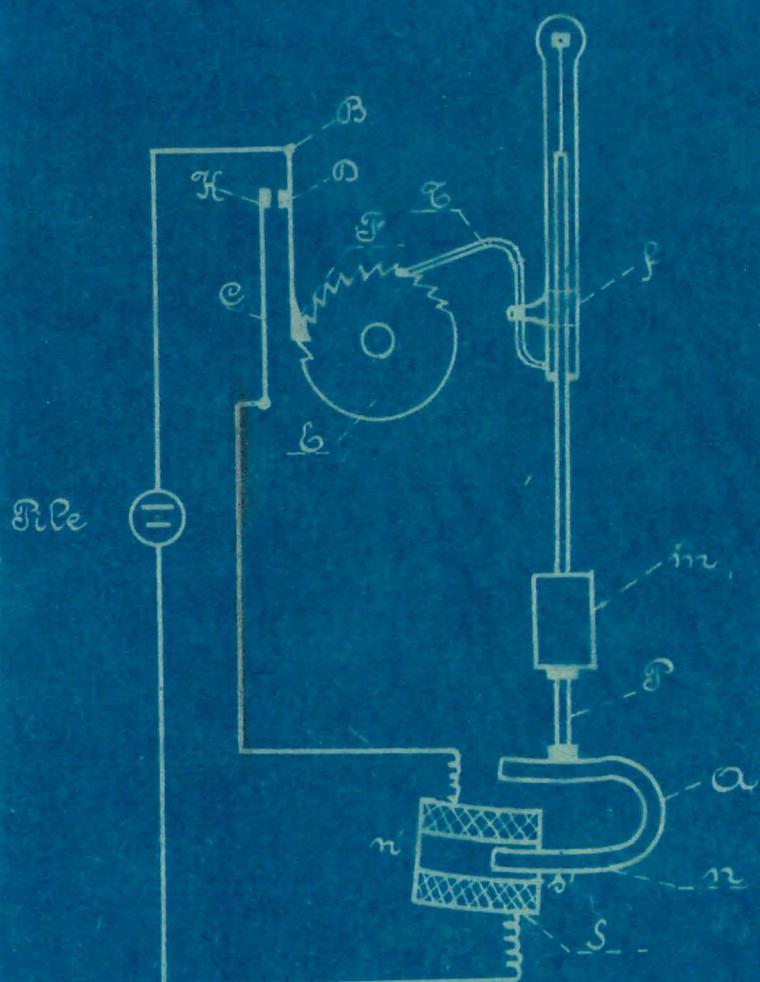
Pendule à frein automatique de Favarger. - Cette horloge comporte un pendule P suspendu en S, l'aimant permanent E entre et sort alternativement dans une bobine B. Un dispositif dont nous parlerons plus loin, lance au moment voulu dans le fil isolé RI, R2 de cette bobine des courants électriques qui à l'intérieur creux de cette bobine, donnent naissance à des lignes de forces parallèles et de même sens; ces lignes de force attirent ou repoussent l'extrémité de l'aimant à au moment où celle-ci se rapproche ou s'éloigne de la bobine: ce qui a pour effet de donner à l'aimant et par suite au balancier qui le porte des impulsions qui entretiennent le mouvement oscillatoire.

Près de la suspension S se trouvent fixés au pendule et participant à son mouvement, 2 bras coudés a1, a2 qui dans leur mouvement entrent alternativement en contact avec les leviers b1, b2 qui oscillent sur les couteaux c1, c2; ces leviers au repos appuient sur les

Pendule électrique.

Pendule indépendante.

Modification de la pendule Féry. Pendule réceptrice Féry



1 courant envoyé toutes les secondes dans le solénoïde par la pendule envoi (courant de même sens.)

extrémités des ressorts à lameilles e1,e2, reliés tous 2 au pôle - de la pile I tandis que le pôle + de cette pile communique avec la pile fixe S et les leviers a1,a2,. Le circuit électrique travaille de la façon suivante: quand le levier à osciller à droite (position de la figure) a2 quitte b2 tandis que a1 soulève b1 qui s'éloigne de e1. Le courant de la pile I suit le circuit : pile S a1 c1 H1 H2 c2 b2 e2 et pile.

Lorsqu'il s'inclina à gauche c'est a1 qui s'éloigne de b1 et a2 qui soulève b2. Le courant de la pile suit le circuit : pile + S a2 c2 H2 H1 c1 b1 e1 pile pôle -. Ce courant est du sens inverse du premier: ce qui est une condition essentielle pour actionner l'holo-ge secondaire dont les armatures polarisées exigent un courant alternatif. L'armature A bat donc à distance d'accord avec le balancier.

Les mouvements réguliers de cette armature sont employés à faire tourner une roue dentée R dont l'axe peut être muni d'une aiguille actionnant une minuterie. La roue R ferme, une ou deux fois par tour (3 fois dans le cas de la figure) un contact électrique O dans le circuit duquel se trouve la pile 2, un rhéostat et enfin la bobine B déjà énumérée. Les circuits et contact des 2 piles sont réglés de telle façon que le courant de la pile 2 soit lancé dans la bobine B au bon moment, c'est-à-dire alors que l'action magnétique de la bobine sur l'aimant agit dans le sens du mouvement du balancier et non pas en sens inverse. Il faut également que le sens du courant de la pile 2 le sens d'enroulement du fil de la bobine B et enfin la polarité de aimant E soient tels qu'ils concourent au même résultat qui est d'aider l'oscillation du balancier.

L'énergie nécessaire pour entretenir le mouvement d'oscillation du balancier est très petite et peut être fournie à chaque oscillation ou toutes les 2,4,6,8 ... oscillations. Le rhéostat gradué en ohms permet de faire varier à volonté cette puissance et de la proportionner une fois pour toutes au nombre des envois de courant par seconde adoptés pour les impulsions. Le choix de la fréquence des envois n'est pas lui-même indifférent; des impulsions trop souvent renouvelées mettent le balancier sous la dépendance trop immédiate de la force motrice et de ses variations. Il est vrai que ces variations sont pour ainsi dire nulles avec une pile constante grâce au très faible débit demandé à la pile (fraction de milli-ampères.)

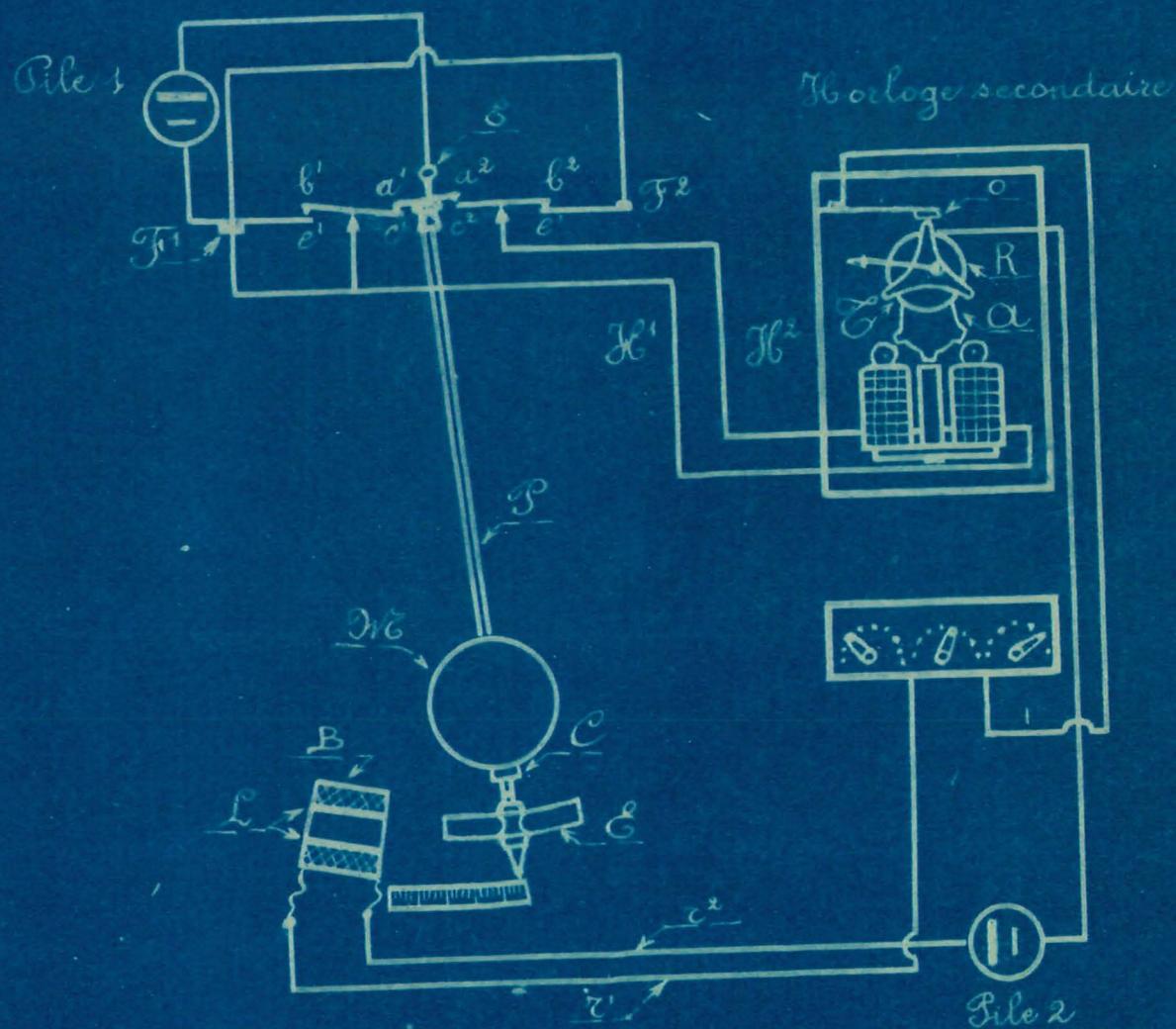
Pour remédier aux écarts de marche résultant de l'amplitude des oscillations qui est variable M. Favarger a adopté à son balancier un régulateur spécial dont le fonctionnement est semblable à celui des régulateurs de vitesses des machines à vapeur mais qui agit avec une précision beaucoup plus grande.

Il consiste en un simple tuyau de métal L, bon conducteur (cuivre, argent, laiton, etc...) placé à l'intérieur de la bobine B et dans lequel le mouvement oscillatoire de l'aimant permanent E provoque la circulation des courants de Foucault qui s'opposent magnétiquement au mouvement de l'aimant. Ces courants de Foucault sont d'autant plus intenses et s'opposent d'autant plus au mouvement du pendule que la vitesse de l'aimant est plus grande. Ce tuyau constitue ainsi un frein électro-magnétique réglable et qui agit comme régulateur des oscillations du pendule; il a pour effet d'en rendre les amplitudes constantes.

Ce frein électro-magnétique est réglable par le rhéostat et permet également la correction des erreurs de la pendulo sans toucher à quoi que ce soit du mécanisme. En effet, en augmentant ou en diminuant la résistance du rhéostat on fait varier l'intensité du courant et par suite celle du champ de la bobine frein: ce qui a pour effet d'augmenter ou diminuer l'amplitude et par suite d'agir sur la marche de la pendulo.

Pendule électrique

Pendule à frein automatique de Faranger.



- 8 -

Pendule de M.M. Ch. Pons et Ch. Poncet. - Cette pendule repose sur le principe de l'action mécanique des aimants sur les courants. Si on fait agir les pôles contraires de 2 aimants A et A' (fig. I) sur les côtés C et C' d'un conducteur ayant la forme d'un cadre ou d'un anneau parcouru par un courant, le cadre ou l'anneau tend à se déplacer dans le sens de la flèche f avec une certaine force qui augmente avec le nombre de tours ou de spires.

L'examen des lignes de force des champs magnétiques développés par l'aimant et le courant fait voir qu'elles ont même direction et par conséquent qu'il y a attraction. Le cadre se déplace dans l'axe des 2 aimants jusqu'à la zone neutre.

Dans cette pendule, la bobine B est fixe et les aimants A et A' sont mobiles. Ils sont placés à l'extrémité du pendule et laissent entre eux un entre-fer juste suffisant pour laisser passer la bobine B, qui a la forme d'un anneau galotte fixé sur le marbre de la pendule dans l'axe vertical du balancier.

La bobine est constituée par un fil de cuivre de $1/10^{\circ}$ de m/m de diamètre recouvert d'une mince couche d'émail, sa résistance électrique est de 250 ohms. Sous une force électromotrice de 1 v 4, elle est parcourue par un courant dont l'intensité n'est que de 0,001 d'ampère environ, c'est-à-dire les 13% de la valeur indiquée par la formule de Ohm, cela à cause de la force contre-électromotrice d'induction qui prend naissance dans cette bobine.

Le mouvement d'horlogerie est commandé par une roue à rochet de 60 dents. À chaque mouvement du balancier vers la droite un cliquet u, articulé sur une pièce V solidaire de la tige a, fait avancer le rochet E d'un $1/2$ pas; l'autre $1/2$ pas s'achève sous l'action du ressort sautoir r qui agit sur les dents du rochet par l'intermédiaire d'un galet.

Fonctionnement. - Le balancier reçoit toutes les 2 phases de son mouvement circulaire alternatif, une impulsion de la bobine B. Le courant qui passe dans cette bobine est commandé par un interrupteur x actionné par le ressort sautoir de la roue à rochet. Le circuit reste ouvert tant que le sautoir reste dans le vide de doux dents. Lorsque le sautoir occupe le sommet d'une dent, il ferme le circuit de la pile sur la bobine; instant que l'on fait coïncider avec le passage du balancier sur la verticale. Les lignes de force des aimants et de la bobine réagissent, comme nous l'avons vu et le balancier est sollicité vers la droite par une force f qui entretient ses amplitudes. La durée du passage du courant dans la bobine est aussi court que possible.

L'ordre de marche du courant est le suivant: le pôle + de la pile, borne b, bobine, galette B, borne b', pilier R, ressort r', vis T, pilier R', retour à la pile.

Le condensateur W placé en dérivation aux 2 bornes de la bobine, a pour mission d'absorber l'extra-courant et de tuer l'étincelle de self induction.

Bien qu'étant à réaction directe, la marche de cette pendule, n'est pas influencée par la variation de la force électromotrice de la pile, cela tient à l'infime courant exigé et par l'auto-régulation crééée par la force électromotrice d'induction.

La particularité dominante de cette pendule réside dans ce fait que les actions combinées des lignes de force des champs magnétiques sont exactement dirigées suivant le plan d'oscillation du balancier.

Perduule

électrique

Système de

F_m

F

O

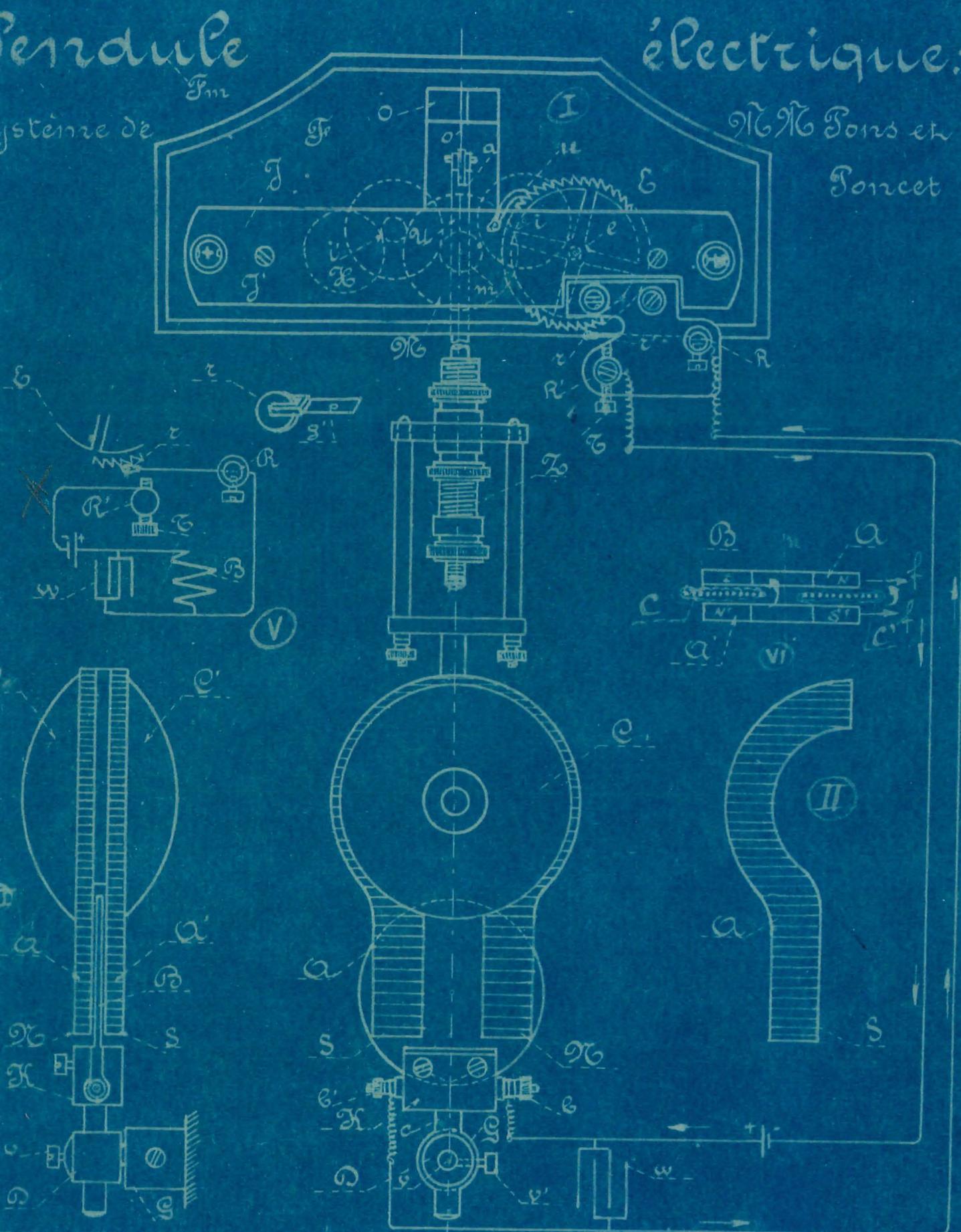
I

II

G

Géométrie

Sous et
Soncet

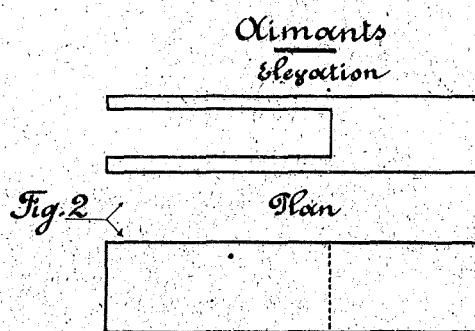
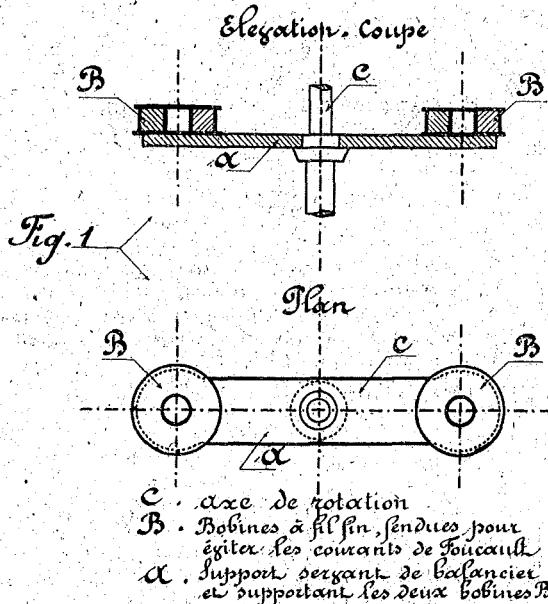


ÉTUDES DE MONTRES ÉLECTRIQUES

La Montre de M. Couzon

Nous avons demandé à M. Prélat, professeur à l'Ecole nationale d'horlogerie de Besançon, de nous faire un exposé rationnel du fonctionnement de la montre électrique inventée par M. Couzon. Ce sera, pour de nos lecteurs, une occasion de connaître le principe sur lequel est basé ce genre de montres, dont l'avenir peut devenir grand :

Balancier avec les bobines



La montre électrique, construite en 1913 par M. Couzon, horloger à Pantin, peut être classée dans les mécanismes horaires électriques indépendants à réaction directe, car l'action électrique s'opère directement sur le balancier ou organe régulateur, sans intermédiaire mécanique.

La boîte renfermant tout le mécanisme et la pile a un diamètre de 40 mm. environ (18 lignes), et cette montre a fonctionné dans de bonnes conditions pendant six mois avec une pile construite par l'auteur lui-même, M. Couzon.

Description. — Elle se compose de deux aimants permanents *D*, en forme d'*U* (fig. 2 et 3), entre les pôles desquels peuvent se mouvoir deux bobines plates à fil très fin *B*, portées par un support *a* remplaçant le balancier de la montre. Ce support *a* est fixé sur l'axe *c* et peut être animé d'un mou-

vement circulaire alternatif ; les bobines *B* participent à son mouvement et se déplacent ainsi entre les branches en *U*, c'est-à-dire entre les pôles des aimants *D*.

Sur l'axe *c* est fixé également un plateau *P* portant un doigt ou levée en rubis qui vient actionner au passage la roue d'échappement à dents pointues *H*. Cette roue *H* est maintenue en place par un sautoir coudé *E*, actionné par un petit ressort spiral *G* qui tend à appuyer constamment le sautoir contre la roue d'échappement. L'extrémité du

Plan schématique du dispositif électrique.

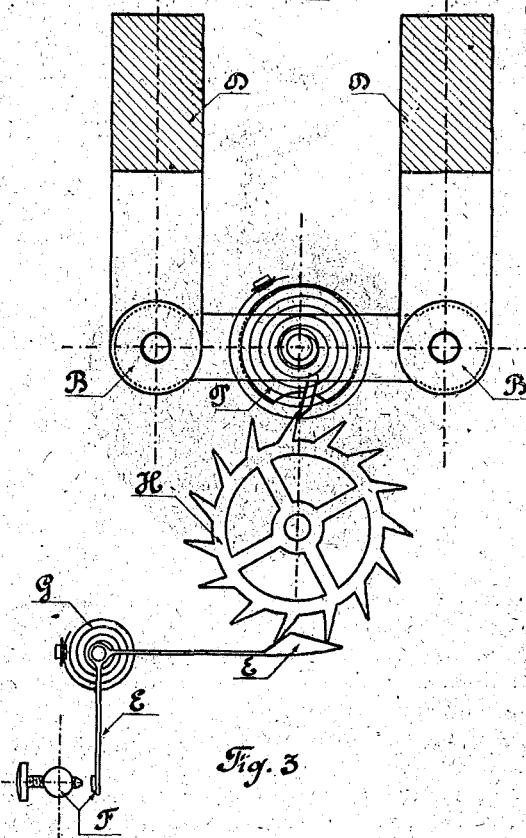


Fig. 3

D. Aimants coupés par l'axe
E. Sautoir de la roue d'échappement
F. Contact électrique
G. Spirale de rappel du sautoir
H. Roue d'échappement
I. Plateau avec son doigt en rubis
B. Bobines à fil fin

sautoir coudé *E* porte un contact qui peut venir appuyer sur l'extrémité en argent de la vis réglable *F*, ce qui a pour effet de fermer le circuit de la pile *K*.

L'axe *c* porte en outre deux spiraux en palladium *s* et *s'* dont l'un *s* est fixé directement sur l'arbre *c*, tandis que l'autre *s'* en est isolé au moyen d'une virole en ivoire. La fonction de ces spiraux est la même que celle des spiraux des montres ordinaires, mais ils servent en outre de conducteurs électriques.

Le mouvement alternatif du balancier est transmis aux aiguilles par une minuterie et un rouage ordinaires en relation avec la roue d'échappement sur laquelle agit la levée en rubis fixée sur le plateau *P*.

HORLOGES à REACTION INDIRECTE

Pendule électro-magnétique Baumann. - Dans cette horloge dont les organes sont dessinés dans 2 positions différentes l'effort qui entretien les oscillations du pendule P s'exerce au dessus du point de suspension, par l'électro-aimant à 2 bobines E agissant sur l'armature A, fixées sur le prolongement des lames de suspension.

La suspension S comporte un couteau prismatique reposant par une de ses arêtes sur une gouttière de forme appropriée. La culasse c de l'électro affecte une forme spéciale on vue d'assurer une position médiane stable de l'armature A entre les 2 noyaux des bobines E.

Un des pôles de la pile est relié aux vis fixes F1, F2, sur lesquelles s'appuient au repos les ressorts RI, R2, reliés électriquement aux bobines E. L'autre pôle de la pile communique avec la tige du pendule sur lequel est fixé une traverse métallique dont les vis DI, D2 viennent lors des oscillations, soulever alternativement les ressorts RI, R2

Le courant de la pile est ainsi fermé tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre sur les bobines E dont le flux des noyaux agit sur l'armature A. Cet effet se transmet au pendule P par bandage de la lame de suspension.

Dans la deuxième position représentée, l'armature A, étant attirée vers le noyau gauche exerce un effort sur la lame de suspension, effort qui correspond à une impulsion donnée au pendule dans le sens de la flèche, de gauche à droite.

Il existe plusieurs variétés d'horloges construites sur ce principe. Les pendules mécaniques du Dr Riefler et du professeur Strasser possèdent également une pièce en relation avec l'organe moteur, et placée au-dessus du point de suspension. Dans l'horloge Baumann ce mouvement est réalisé électriquement.

HORLOGES MÈRES

Horloges Silencia. - La pendule mère Silencia est une pendule à remontage automatique, dans le genre de celle que nous avons déjà décrite, réglée par un pendule compensé battant la seconde.

Cette pendule possède un dispositif à contact spécial, constitué par un tambour en fibre à la périphérie duquel sont placés 8 conducteurs reliés entre eux, deux à deux, comme l'indique la figure.

4 balais placés en a, b, c, d viennent frotter sur ces conducteurs placés suivant les génératrices du cylindre. Le cylindre fait 1/8 de tour par minute ce qui a pour effet d'envoyer à chaque minute le courant de la pile P dans le circuit extérieur comprenant les réceptrices Silencia que nous étudierons plus loin.

Comme on peut le voir sur la figure, le courant fourni par la pile envoyé dans le circuit extérieur change de sens dans ce dernier à chaque émission, c'est-à-dire toutes les minutes; la durée de l'émission réglée par la vitesse de rotation du cylindre en fibre est de quelques secondes, temps nécessaire pour actionner les réceptrices, comme nous le verrons plus loin.

En résumé cette pendule ne diffère d'une bonne pendule de précision

Pendule électrique.

Korloge mère silencia

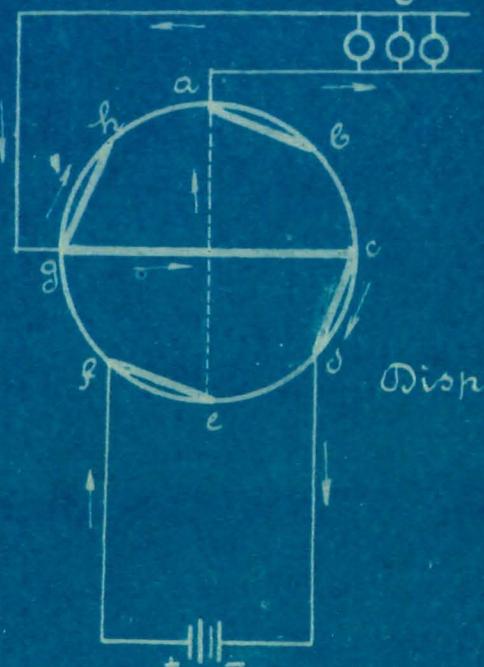


Fig 1

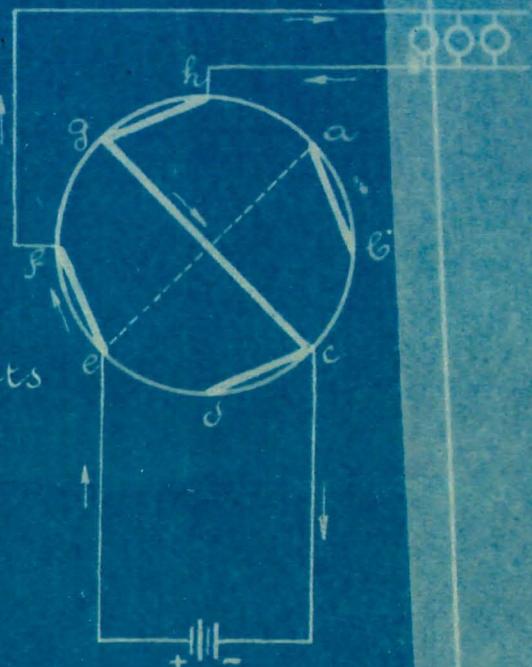


Fig 2

Pendule mère Fénoir

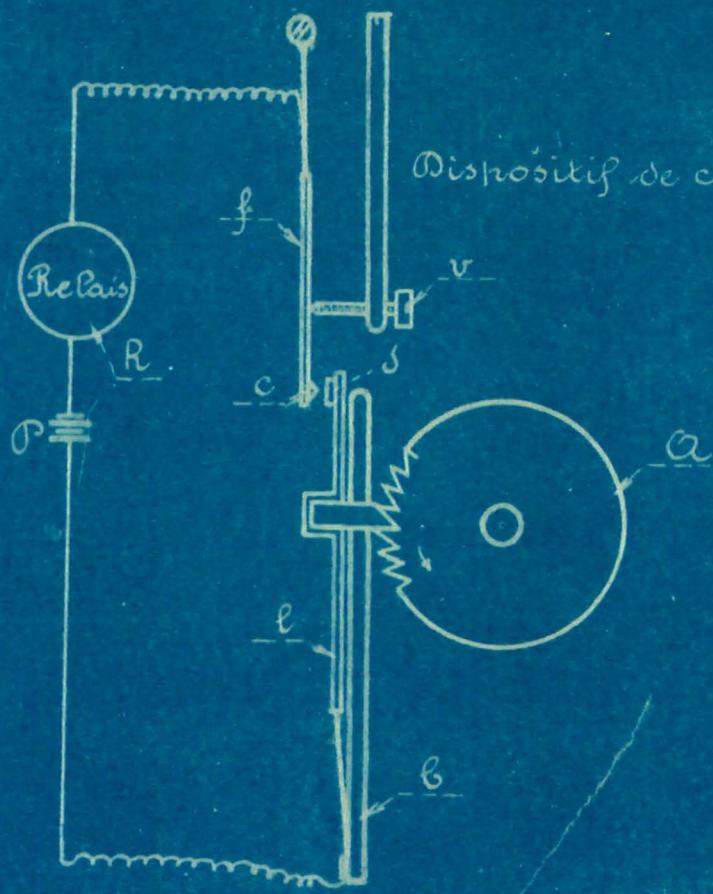


Fig 3

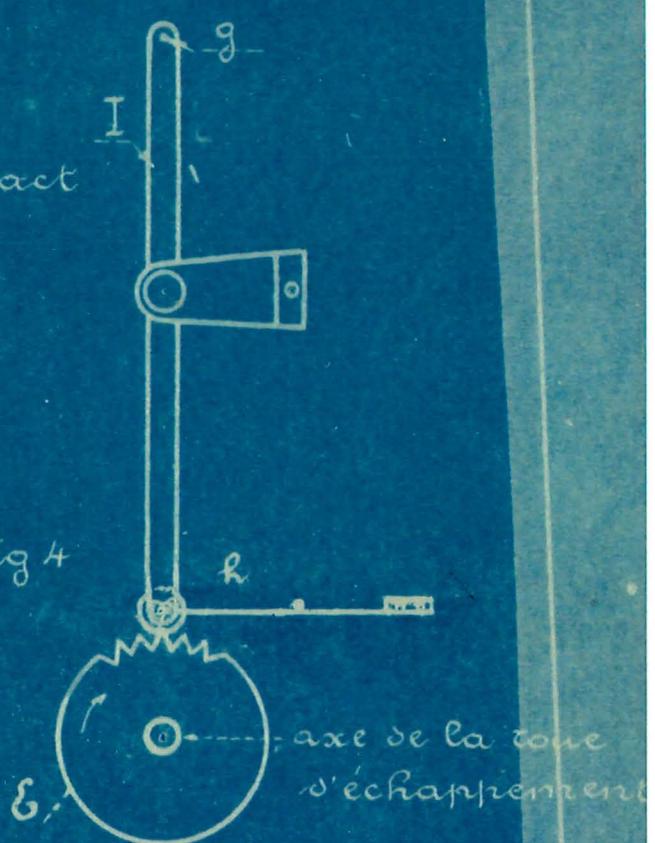


Fig 4

Pendule électrique. —

Pendule électro-magnétique de Baudouin.

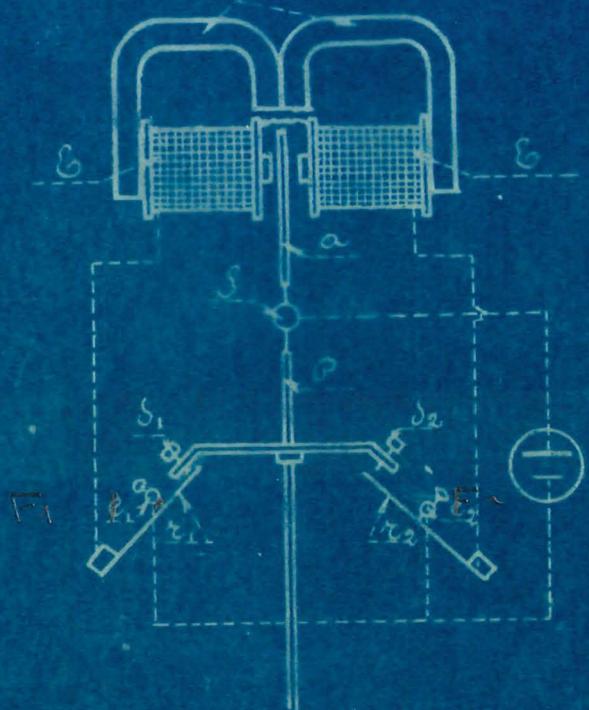


Fig 1

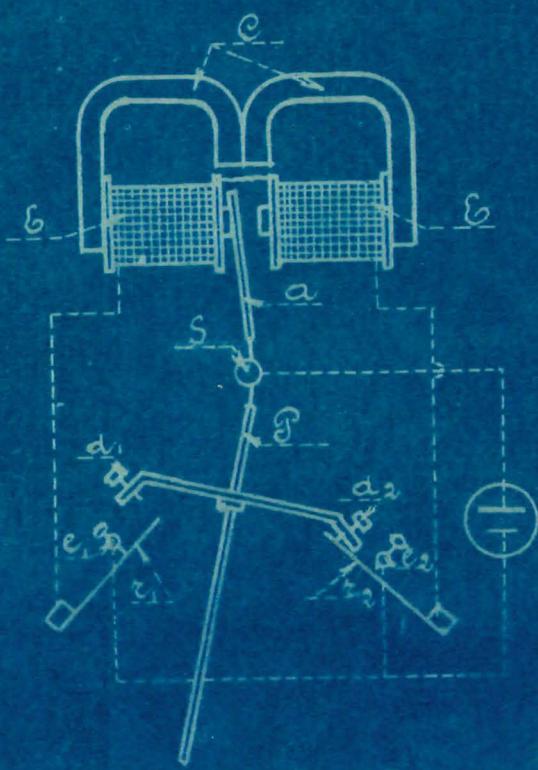


Fig 2

ordinaire que par deux choses: elle est à remontage automatique, et elle possède en outre un dispositif à contact qui toutes les minutes envoie dans un circuit extérieur des courants alternatifs, c'est-à-dire changeant de sens à chaque émission.

Pendule mère Fénon. - Cette pendule construite spécialement pour les observations astronomiques est une pendule d'extrême précision.

Elle comprend: Un rouage spécial commandant la pendule proprement dite et un deuxième rouage actionné par le même moteur commandant l'interrupteur électrique. Ce rouage a pour dernier mobile un volant à ailette I portant deux goupilles en or. Ce volant tournerait constamment s'il n'était arrêté à des intervalles réguliers. A cet effet sur le même arbre que la roue d'échappement et tournant avec elle est montée une roue en étoile E dans les dents de laquelle repose un cylindre entaillé en saphir; l'entaille sert à arrêter les goupilles en or de l'aillette.

Ce cylindre en saphir est porté par un ressort h en acier. L'arrêt du rouage portant l'interrupteur électrique se fait quand le saphir est soulevé par une pointe de dent de la roue en étoile E. Quand ce saphir est dans un creux, il laisse passer le volant et laisse ainsi défiler le rouage interrupteur d'une quantité suffisante pour que la roue A tourne de la valeur d'une dent.

La roue A actionne l'interrupteur électrique qui est constitué de la façon suivante : Un ressort bd porte une levée en saphir formant sautoir de la roue A et un contact en platine d. En regard de d se trouve un deuxième contact en or C porté par un ressort cf réglable par une vis v terminée par un saphir appuyant sur cf. Le circuit électrique comprenant la pile P et le relai R est roulé en f et en b aux pattes des ressorts de l'interrupteur.

Les dents de la roue A se présentent successivement devant la levée en saphir l, le plan incliné de la dent glisse sur le plan incliné du saphir, le soulève et établit ainsi le contact entre C et d et ferme le circuit de la pile P. Le saphir retombe ensuite dans un creux de la roue A, le ressort C est retenu par la vis v et le circuit est coupé brusquement.

En résumé la roue A du rouage spécial dont le mouvement est réglé très exactement par la roue d'échappement même de la pendule, tourne d'une dent par seconde et actionne chaque fois l'interrupteur électrique. Le courant de la pile P se trouve donc ainsi fermé avec une grande précision sur un relai spécial qui actionne les pendules réceptrices.

HORLOGES RECEPTRICES

Horloges réceptrices V. David-Perret fils à Neuchâtel. - Description L'électro droit E est placé entre 2 bâti en fer ayant la forme d'un U (dans la figure un seul côté B est visible). Entre ces 2 bâti est folle sur l'axe O une armature A qui passe très proche du noyau n de l'électro-aimant.

Sur l'axe O est fixé un rochet denté R immobilisé par 2 cliquets CI, C2, dont le premier CI pivote sur le bâti B tandis que l'autre C2 pivote sur l'extrémité du bras B2 solidaire de l'armature A. Le mouvement du bras B2 et par suite celui de son cliquet C2 est limité par la vis v2. L'armature porte encore un autre bras BI sur lequel est fixé

Pendule électrique.

Horloge mère silencieuse

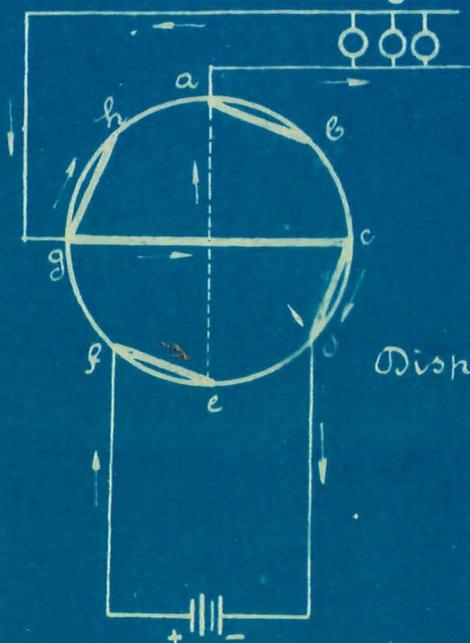


Fig 1

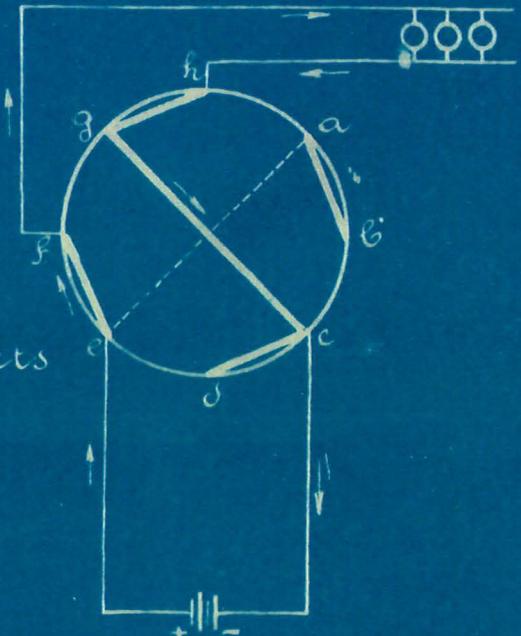


Fig 2

Pendule mère Génor

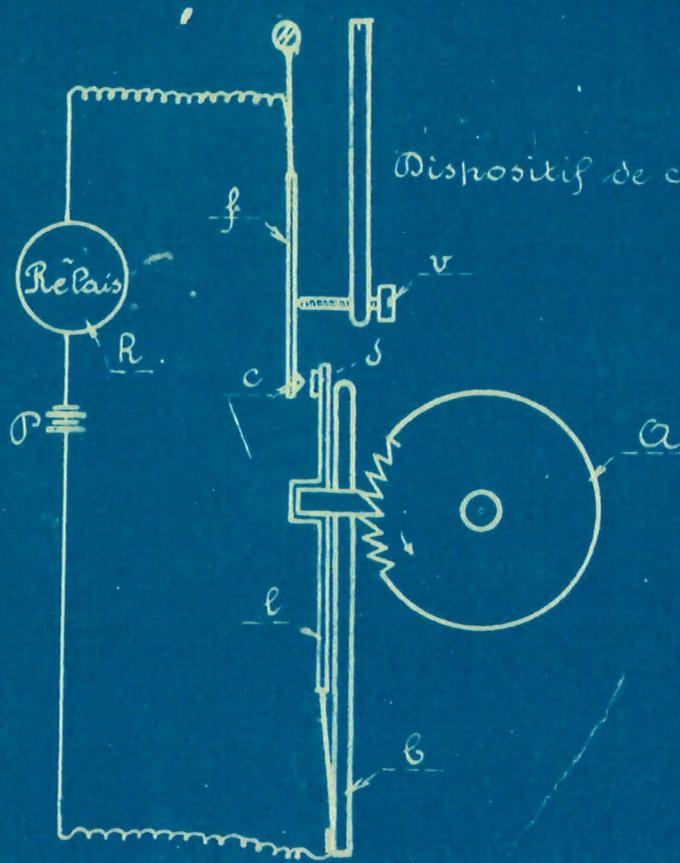


Fig 3

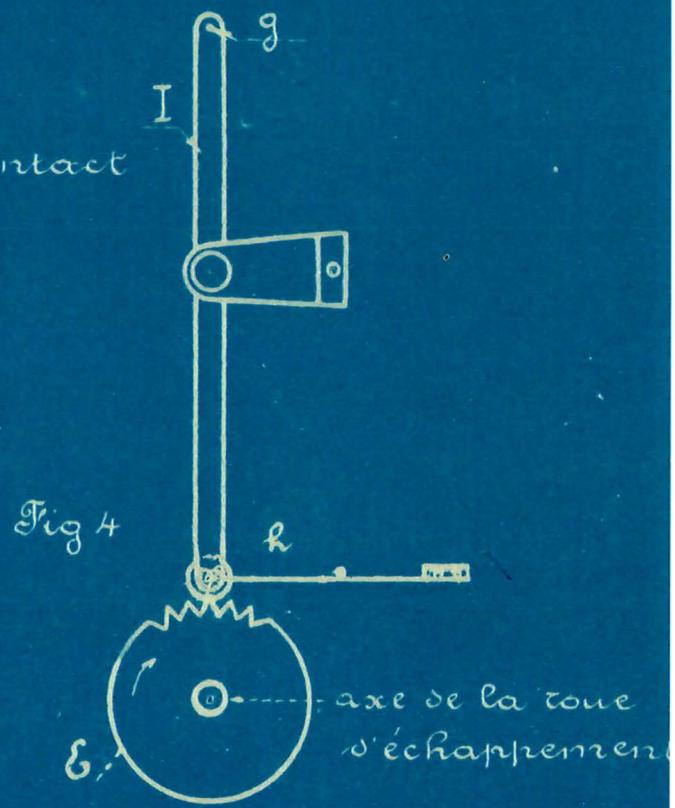


Fig 4

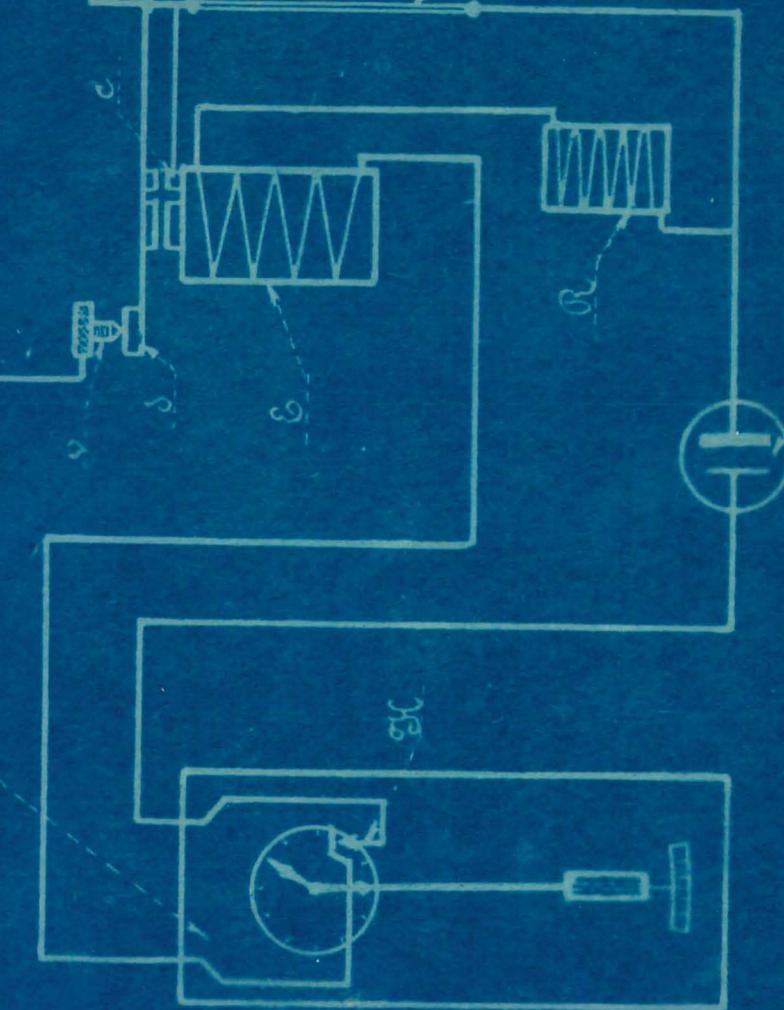
Génération électrique

Rejet directement génératrice

Générateur directrice

Rejet 2

Générateur génératrice



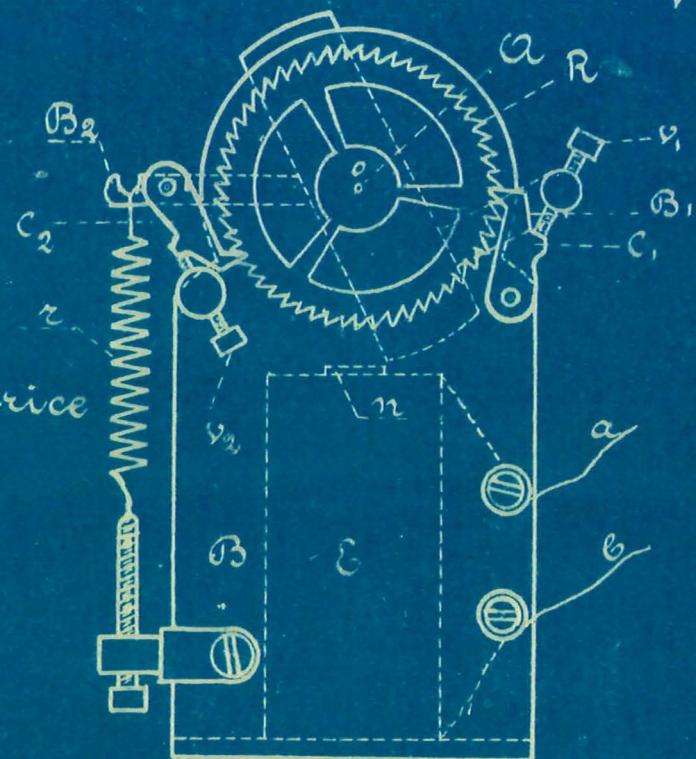
Stabilise réception

Colonne du relai

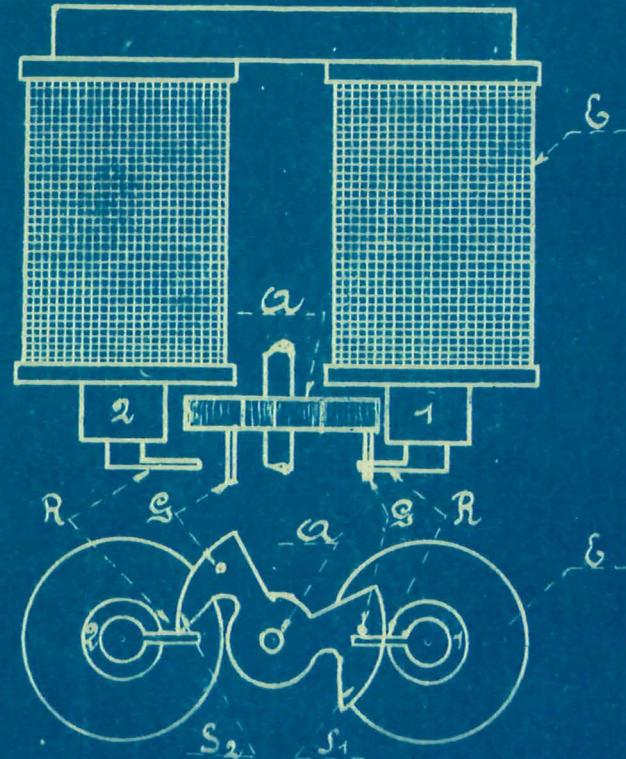
Rejet 1

Tenduile électrique

Horloge réceptrice



Horloge réceptrice
Tavaranger n° 1



une vis VI qui limite de l'autre côté, la course de l'armature en venant buter contre une assise du cliquet CI. Un ressort r, agissant sur l'extrémité du bras B2, tend à maintenir tout le système dans la position représentée en traits pleins, le cliquet C2 appuyant sur la vis V2.

Fonctionnement. - Au moment où l'horloge mère envoie un courant dans le fil ab de l'électro E, l'extrémité n du noyau s'aimante sud par exemple, l'autre extrémité s'aimante nord et communique son aimantation aux deux branches du bâti B dont le flux acquis passe sur l'armature A et tend à rentrer dans le noyau par son extrémité n.

L'ensemble du bâti et de l'armature constitue une sorte d'électro A cuirassé. L'armature A est attirée et un petit mouvement de rotation s'effectue suivant la flèche. Le cliquet C2 remonte d'une dent sur la roue R et la vis VI vient appuyer sur le cliquet CI qui immobilise la roue. L'armature reste dans cette position tant que dure le courant, dès qu'il cesse, le ressort r la ramène dans sa position première en entraînant par son cliquet C2 la roue R qui par suite de ce mouvement angulaire, a tourné d'une dent. Ce mouvement est communiqué par l'axe O à une minuterie disposée derrière le bâti B. La roue R a 60 dents et le courant passant toutes les minutes, elle exécute un tour dans une heure.

Horloge réceptrice A. Favarger à Neuchâtel. - Description. - Ce mécanisme est un des plus répandu en Suisse où il a fait ses preuves.

Il se compose d'un électro-aimant E à 2 noyaux I et II entre lesquels est mobile une armature A à deux bœufs SI et S2. Cette armature est susceptible d'un mouvement alternatif, limité par 2 arrêts R fixés sur les noyaux I & II et contre lesquels viennent buter les goupilles G, une fois sur l'arrêt de droite, une fois sur l'arrêt de gauche.

L'armature en fer doun A est polarisée par un des pôles d'un aimant permanent (non représenté sur la figure) avec lequel elle est constamment en contact. Nous supposons que l'armature A avec ses 2 bœufs est constamment aimantée sud. Les bœufs SI & S2 sont de forme telle que leurs talons formant avec les noyaux un entrefer aussi réduit que possible, tandis que l'entrefer formé par l'extrémité des bœufs est beaucoup plus grand. De cette façon, l'effet maximum du flux de l'électro se fera d'abord sentir entre le bœuf S2 et le noyau II pour diminuer au fur et à mesure que l'entrefer croît quand l'armature oscille de droite à gauche.

Entre le noyau I et le bœuf SI, au contraire, l'action d'abord minimum augmente jusqu'à ce que la goupille G appuie sur l'arrêt R, position où l'entrefer devient minimum. Le mouvement alternatif de l'armature est transmis aux aiguilles par une minuterie en relation avec une roue d'échappement sur laquelle agit 2 pallettes.

Fonctionnement. - Supposons que le courant qui part à cette minute de l'horloge mère aimante nord le noyau I et sud le noyau II.

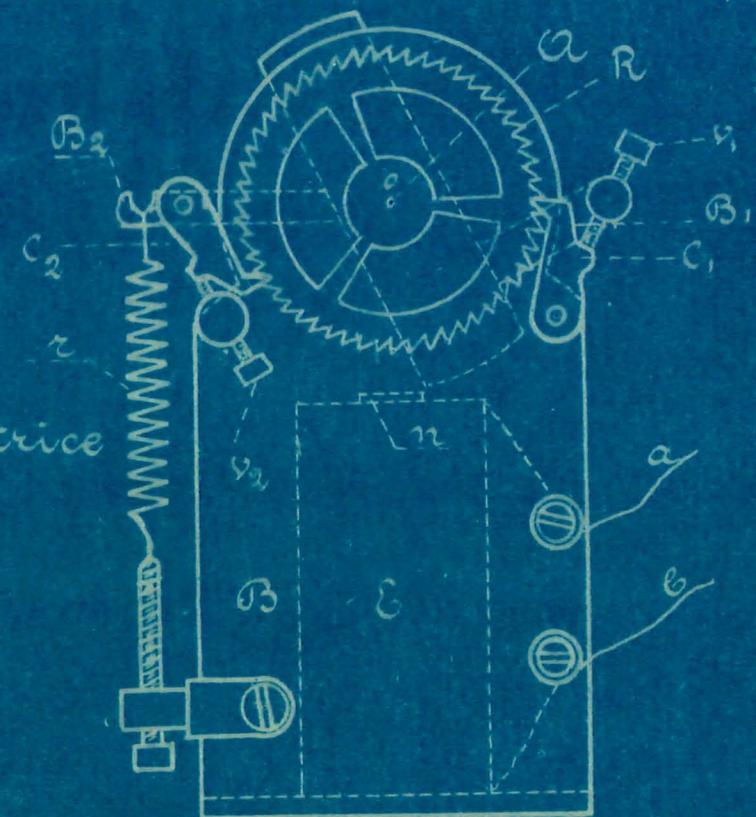
Les pôles de noms contraires s'attirent et le pôle I attire le bœuf SI tandis que le pôle II repousse le bœuf voisin S2 parce qu'ils sont de même nom. Ces 2 actions ont pour but de faire osciller l'armature de droite à gauche.

A la première minute, l'armature devra osciller en sens contraire (de gauche à droite) et pour cela il faut que le courant des bobines change de sens, pour avoir au pôle I une aimantation sud qui repousse SI et au pôle II une aimantation nord qui attirera S2.

Le courant est donc alternatif.

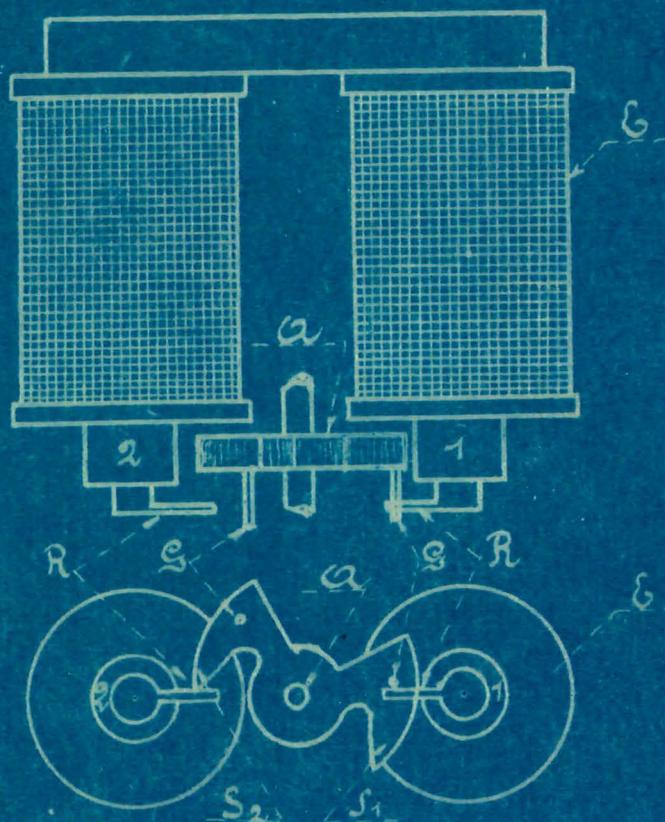
(P)

Horloge électrique



Horloge réceptrice

David Perret



Horloge réceptrice

Fayarger n° 1

Avantages. - Supposons que pour une cause fortuite quelconque, un orage par exemple, un courant vienne à traverser les bobines. Suivant le sens de ce courant par rapport au courant régulier qui vient de passer, ou l'armature restera immobile ou elle oscillera.

Dans le premier cas l'effet est nul. Dans le second cas, il y a perturbation, mais comme le prochain courant régulier sera précisément de même sens que le courant irrégulier, l'armature restera en place et annulera l'erreur; dans les deux cas l'horloge n'aura pas été dérangée.

Cet avantage des horloges secondaires marchant à courant alternatif est d'une importance capitale, on pourrait presque dire que le courant alternatif est nécessaire lorsqu'il s'agit d'une installation importante où des courants parasites peuvent se produire.

Horloges réceptrices A. Favarger à Neuchâtel-Autre dispositif.-

Description. - L'électro-aimant E est à deux noyaux I & II sur lesquels sont vissées 2 pièces terminées par des becs BI & B2 présentant chacun une pointe et un plan incliné. L'armature mobile A est un disque en fer doux de 30 dents. Les pointes et plans inclinés des becs BI & B2, par rapport aux dents de l'armature A sont tels que lorsque la pointe de dent de la roue se trouve vis-à-vis de la pointe d'un des becs, dans la figure BI et dent I6 (entrefer minimum) l'autre bec B2 se trouve entre deux dents (entrefer maximum). De cette façon à chaque fraction de tour du disque A, correspondant à un avancement d'une $1/2$ dent se trouveront en présence, une fois à droite, une fois à gauche, la pointe d'une dent et la pointe d'un des becs.

Un aimant permanent M est fixé par un de ses pôles à la culasse de l'électro-aimant, tandis que l'autre est recourbé au-dessus de l'armature A comme le fait voir la coupe partielle représentée au-dessus du noyau I.

Supposons que le pôle fixé à la culasse est nord, le flux magnétique de l'aimant M se partagera pour aimanter nord chacun des noyaux de l'électro dont le flux se rendra par les becs BI & B2 sur l'armature A pour rentrer dans l'aimant M par son extrémité sud recourbée en D.

Aucun courant ne circulant dans les bobines, le flux de l'aimant sera beaucoup plus puissant entre la dent I6 et le bec BI où l'entrefer est minimum, qu'entre la dent I et le bec B2 où l'entrefer est maximum. L'armature A sera donc maintenue dans cette position. Si du doigt nous forçons le disque à tourner dans le sens de la flèche, nous aurons une certaine résistance à vaincre jusqu'au moment où la pointe de la dent I sera vis à vis de la pointe du bec B2. L'entrefer maximum se trouve cette fois entre le bec BI et le flanc de la dent I7. L'armature A tondra donc à rester dans cette nouvelle position. Le même phénomène se répète tantôt sur le bec droit, tantôt sur celui de gauche, de sorte que si nous continuons à agir sur le disque, nous aurons pour un tour 60 résistances à vaincre.

Le flux de l'aimant M distribué sur les becs et l'armature de l'électro, établit donc un lien magnétique qui force l'armature à prendre toujours des positions bien déterminées, différant toutes d'entre elles d'une demi-dent.

On supprime de cette façon tout encliquetage mécanique.

Fonctionnement. - Le courant de l'horloge mère passant dans l'électro, l'aimantation provoquée dans les noyaux se superpose à celle de l'aimant permanent M, le courant étant alternatif, il en résulte, comme nous allons le voir un mouvement régulier de l'armature dans le sens de la flèche. -

Pendule électrique.

Horloge récentrice de Favarger

Fig 1

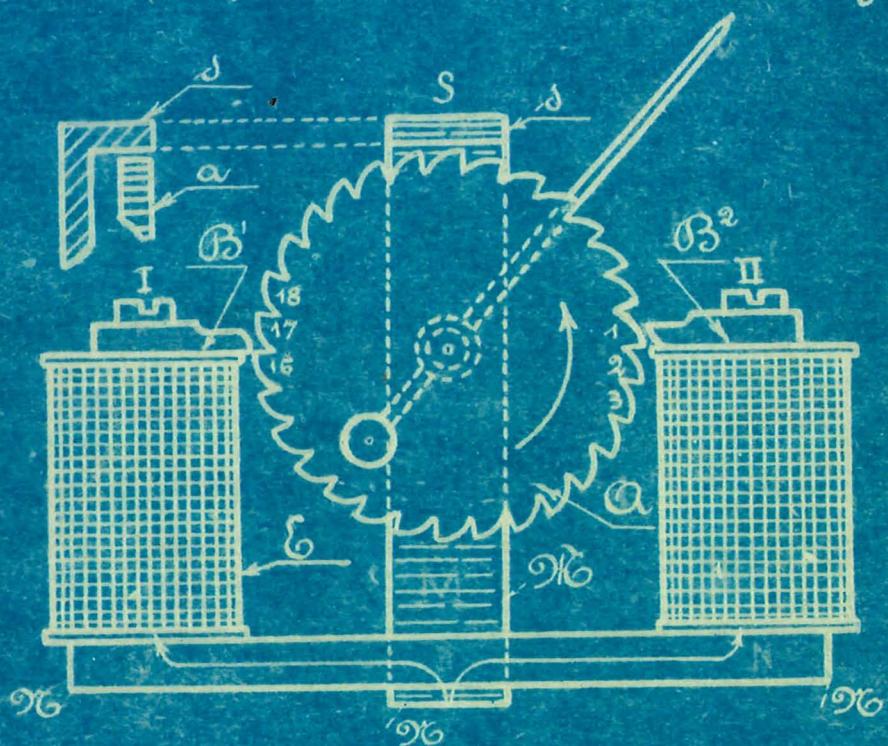
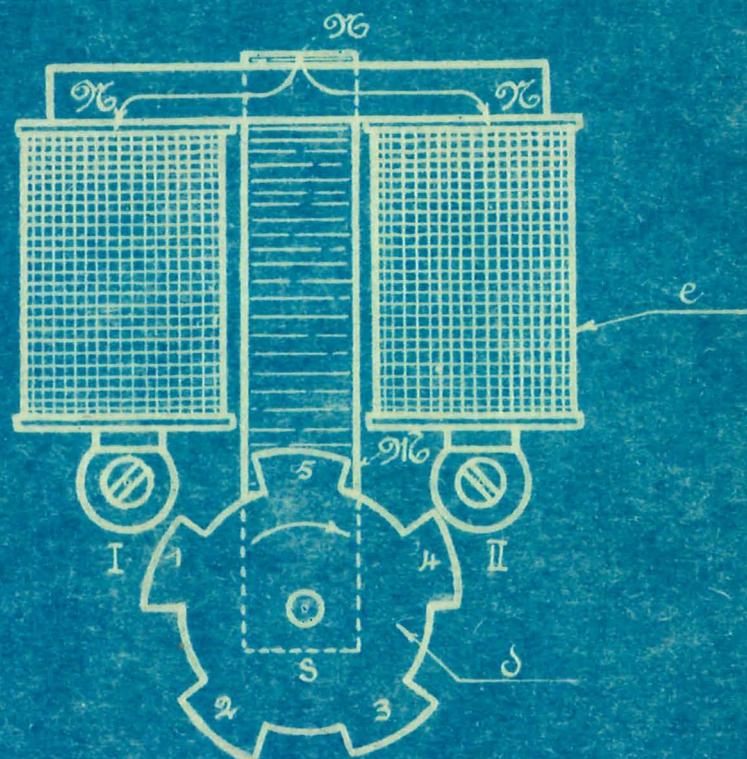


Fig 2



Supposons que le courant qui passe à cette seconde aimante sud le noyau I et nord le noyau II. Le noyau I étant aimanté nord par l'aimant et sud par le courant de sa bobine, les flux se contrarient et l'attraction entre le bec BI et la dent I6 devient presque nulle.

Par contre le noyau II est aimanté nord par l'aimant et par le courant, il en résulte un flux intense dans le bec B2 qui fait tourner l'armature, d'une demi-dent, jusqu'à ce que l'entrefer soit minimum, c'est-à-dire que la pointe de la dent I soit vis à vis du bec 2. Pendant ce temps, l'entrefer est devenu maximum entre bec BI et le flanc de la dent I7, son action sur la dent I6 est donc nulle; par contre il a contribué à l'effort du bec B2 en attirant la dent I7 qui est maintenant polarisée nord (le flux entrant par le pôle sud (dents I) et sortant par le pôle nord (dents I7)). A la prochaine émission du courant, les pôles sont renversés, les mêmes phénomènes se reproduisent provoquant un nouvel avancement d'une I/2 dent dans le sens de la flèche. L'armature fera donc un tour pour 60 émissions de courant.

Ce mécanisme réduit au minimum possible les organes d'une horloge secondaire. Suivant la fréquence du courant venant de l'horloge mère, l'aiguille fixée directement sur l'axe de l'armature marquera les secondes ou les minutes. Ce dispositif s'applique très bien aux compteurs électro-chronométriques. Les chocs, les frottements et l'usure sont supprimés, l'appareil est très silencieux.

Horloges réceptrices Silencia. - Cette pendule comprend un moteur électro-magnétique absolument semblable à celui de la pendule à remontage automatique déjà décrite.

L'axe du moteur porte une vis sans fin qui commande la rotation de la roue R2 par l'intermédiaire de la roue de vis sans fin R1 et du pignon PI. La roue R2 porte ajustée à frottement gras sur son axe, un ancre A entraîné par un petit ressort à 3 branches fixé sur cet axe. L'ancre actionne la roue R3 taillée spécialement, qui commande une minuterie portant les aiguilles.

Fonctionnement. - Le courant arrive au moteur par les 2 fils a & b reliés à l'interrupteur spécial de la pendule mère. Nous avons vu que ce courant était alternatif, c'est-à-dire qu'il changeait de sens à chaque émission.

La roue R2 tournant dans un sens, entraînée par frottement gras l'ancre A qui fait faire à la roue R3 un mouvement de rotation dans le sens de la flèche f, équivalent à la valeur angulaire d'une I/2 dent.

A la prochaine émission, le moteur tournant en sens inverse, l'ancre est entraînée en sens contraire de son mouvement précédent, d'où résulte une nouvelle rotation (toujours dans le sens de la flèche f) de la roue R3.

Les mêmes fonctions se reproduisent et la roue R3 qui a 30 dents fait ainsi un tour complet toutes les 60 minutes ou émissions c'est-à-dire un tour par heure, elle porte la roue des minutes.

Horloges réceptrices Féry. - La pendule réceptrice Féry est absolument semblable à la pendule à réaction directe Féry modifiée déjà décrite. L'interrupteur BDFC est seul supprimé

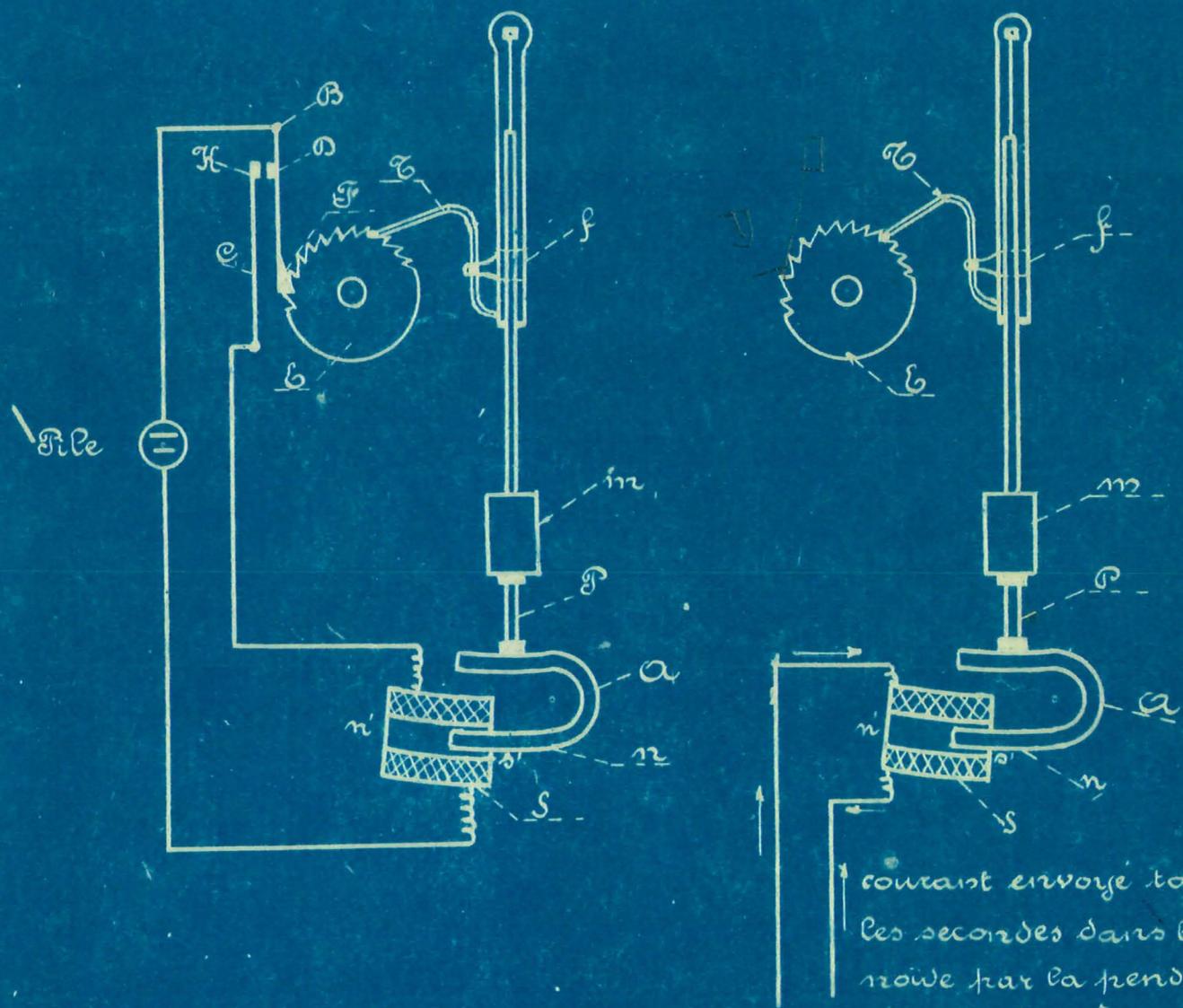
Fonctionnement. - Un contact placé sur la pendule mère envoie toutes les secondes un courant dans le solénoïde, au moment où le pendule passe sur la verticale.

Le solénoïde agit sur le pôle de l'aimant A et lui communique une légère impulsion, suffisante cependant pour empêcher les oscillations et assurer la marche de la pendule.

Pendule électrique.

Pendule indépendante.

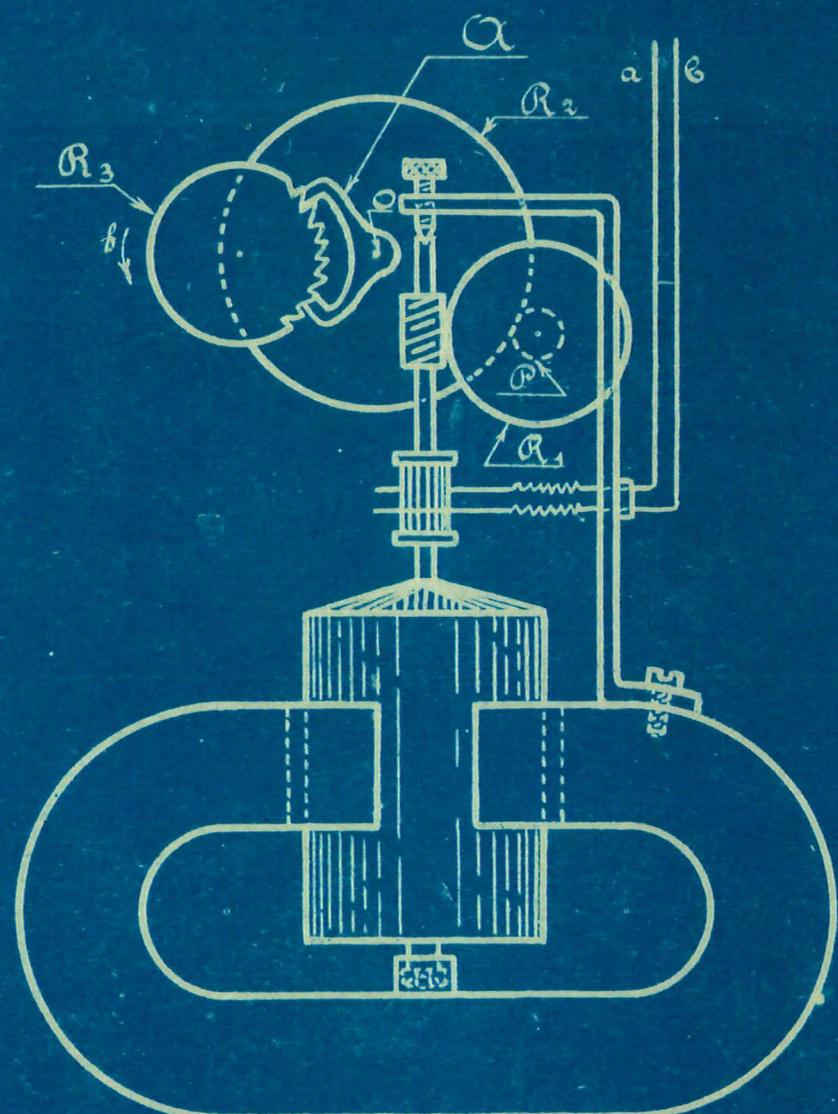
Modification de la pendule Féry. Pendule réceptrice Féry



courant envoyé toutes les secondes dans le soleil rouge par la pendule mère (courant de même sens.)

Pendule électrique .-

Réceptrice Silencie .-



Pendule électrique.

Horloge récentrice de Favarger

Fig 1

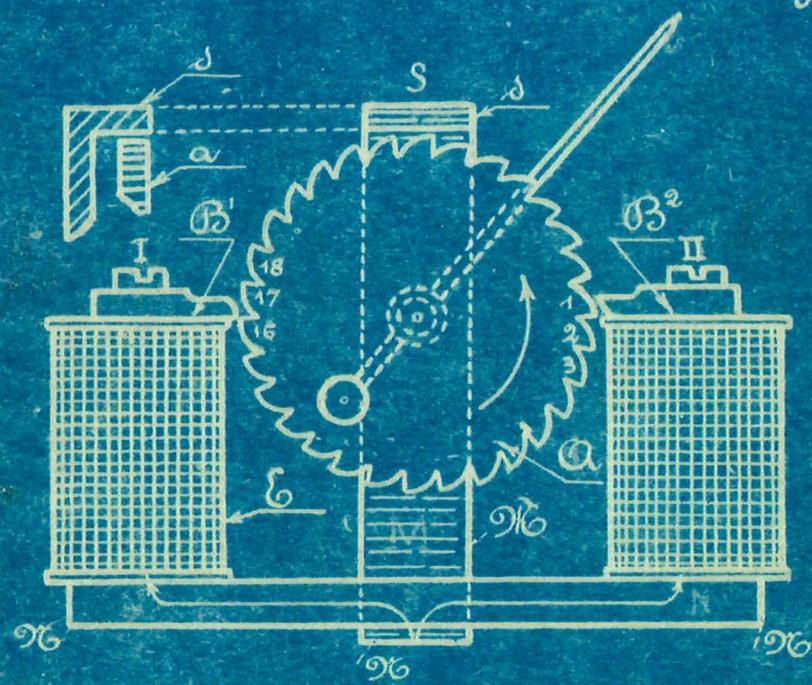
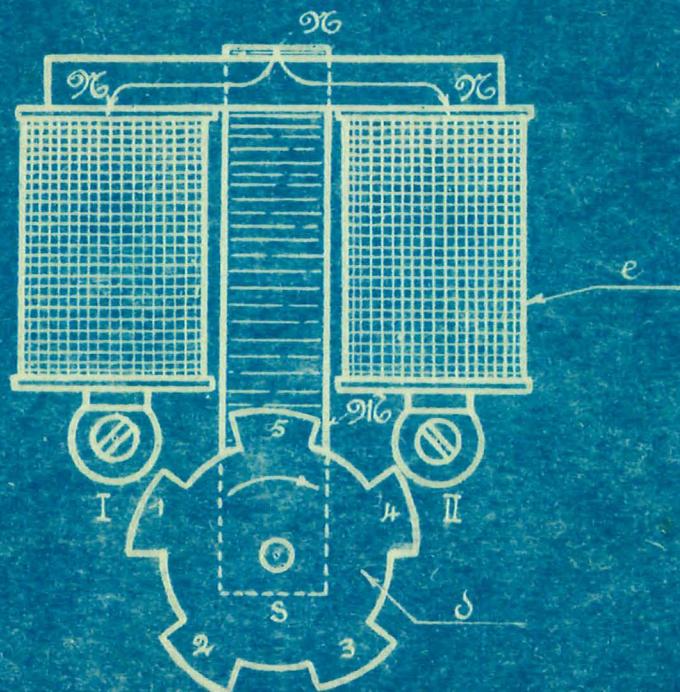


Fig 2



La roue d'échappement maintenue par le sautoir D est actionnée par le cliquet T articulé sur le pendule, elle tourne d'une dent toutes les secondes et actionne une minuterie qui porte les aiguilles.

HORLOGES à DETENTE ELECTRIQUE

Pendule à échappement électrique de Hipp. - Dans cette pendule, les oscillations du pendule sont entretenues par l'attraction d'un électro sur une armature en fer doux. Cette pendule est dans une cage en verre fixée sur un bâti en maçonnerie, elle ne comporte aucun rouage. Le vide est fait dans la cage et le tout fonctionne sans huile. Le pendule porte une masse cylindrique en zinc qui fait office de lentille et qui est reliée à une masse métallique supportée par 2 tiges en invar entre lesquelles sont placés les 2 organes essentiels: l'échappement électrique et l'électro moteur.

Près de la suspension à ressort se trouve l'appareil à contacts qui distribue toutes les secondes, c'est-à-dire à chaque oscillation le courant électrique qui actionne le ou les compteurs. Cet appareil à contacts est absolument identique à celui étudié pour le pendule à frein magnétique de Favarger.

L'échappement électrique de Hipp se compose d'une paletto p oscillant sur un couteau indépendant du pendule et ne participant pas à son mouvement. Deux petits contrepoids o ont pour effet de maintenir la paletto penchée à droite ou à gauche au moment du passage de la contre paletto encochée q fixée sur la traverse T du pendule.

Fonctionnement. - La contre paletto q dans son mouvement fait pencher la paletto soit à droite, soit à gauche aussi longtemps que les oscillations du pendule sont assez grandes pour que l'extrémité de la paletto s'échappe à l'encoche de la contre paletto.

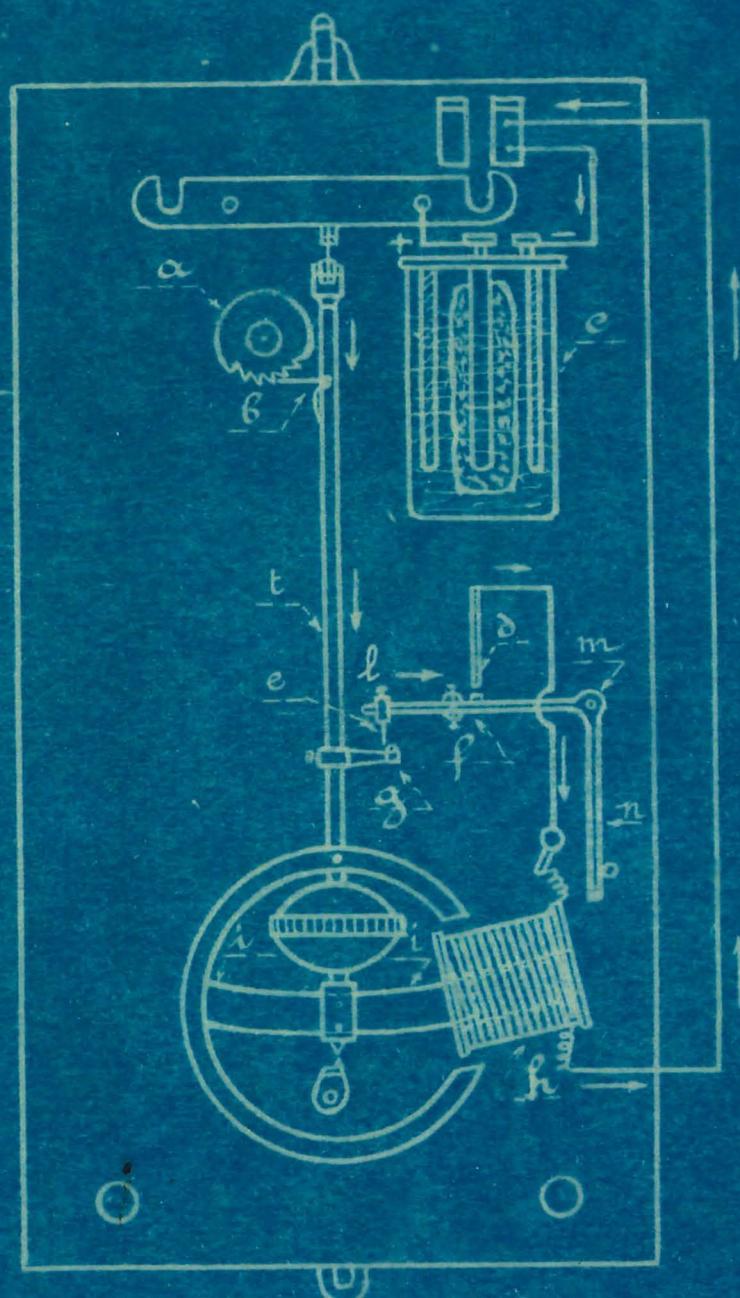
Quand l'amplitude des oscillations diminue, il arrive un moment où la paletto n'échappe plus à son encoche, et elle vient coincer dans cette encoche au moment du retour du pendule (position II & III). De ce fait la contre paletto pour passer, fait subir au couteau une pression de haut en bas (fig. III). Ce mouvement du couteau est utilisé pour fermer le circuit d'une pile sur l'électro moteur E. Cet électro est fixe. A chaque oscillation du pendule, une armature en fer doux a, fixée sur une traverse T vient passer tout près de ses noyaux n. L'échappement électrique est réglé de façon que le contact opéré par le couteau C se fasse au moment où l'armature s'approche des noyaux. L'armature est attirée par ceux-ci et le pendule reçoit une impulsion qui augmente l'amplitude de ses oscillations jusqu'au moment où diminuant de plus en plus, un coinement se produise à nouveau entre la paletto et la contre-paletto, déterminant un contact et une impulsion.

Pendule Hélios. - Description. - Cette pendule est assez semblable à la pendule Ferry modifiée. Elle se compose d'un balancier B battant la 1/2 seconde, terminé par un aimant A qui s'introduit dans un solénoïde S. Le balancier actionne une roue d'échappement qui commande un rouage et une minuterie portant les aiguilles. Le balancier B reçoit du solénoïde S les impulsions nécessaires pour entretenir ses oscillations et la marche de la pendule.

Dans ce système les amplitudes sont limitées et sensiblement constantes, quelque soit la force électromotrice de la pile grâce à un échappement électrique (régulateur de Foucault), vulgarisé par Hipp horloger.

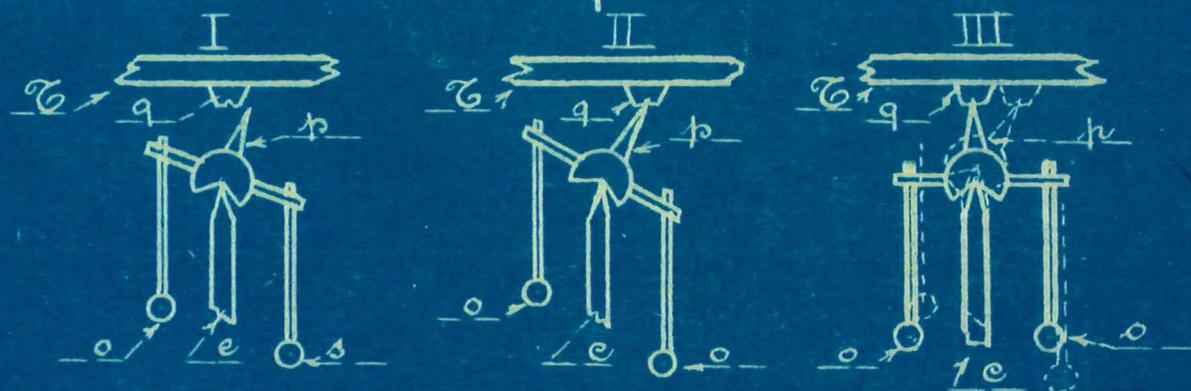
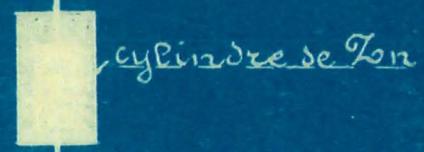
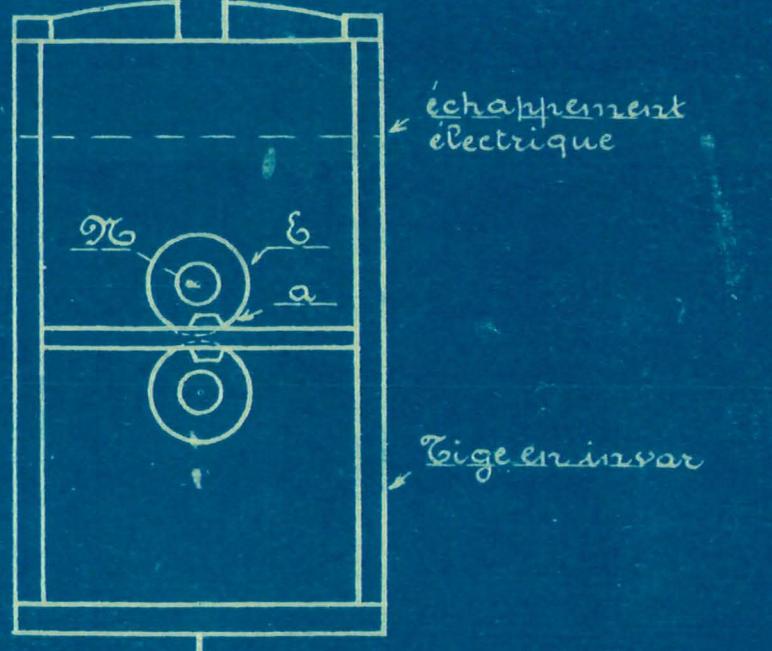
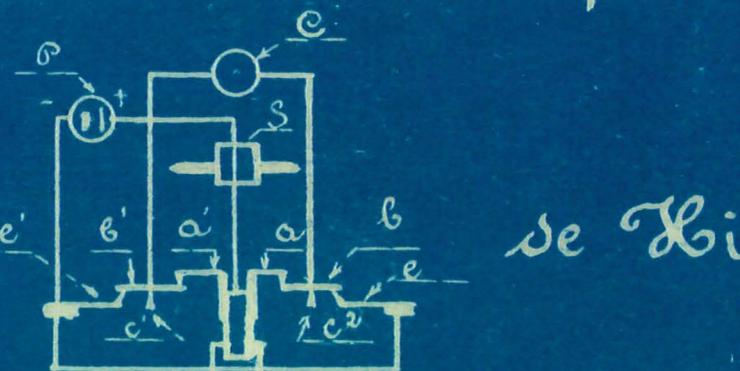
Pendule électrique

Système Hélios



Pendule électrique.

Pendule de Bipp



suisse qui comme nous venons de le voir, l'a appliqué aux pendules astronomiques.

Fonctionnement. - Le mécanisme de ce système est simple, dès que le balancier diminue d'amplitudes, le petit pendule licheur e s'arc-boute dans la pièce rainurée g du balancier B et produit le contact. Le courant de la pile P est alors formé sur le solénoïde, une impulsion est donnée au pendule B par l'intermédiaire de l'aimant A et le phénomène recommence au bout de 4 ou 5 oscillations, c'est-à-dire dès que l'amplitude diminue.

L'avantage de ce système est que toutes les piles conviennent pour le fonctionnement de cette pendule, néanmoins, la pile au sulfate de mercure est de beaucoup supérieure aux autres à cause de sa force électromotrice constante et de sa durée.

HORLOGES à REMISE à l'HEURE

Système Collin. - L'horloge secondaire est réglée de manière à avoir une faible avance sur l'horloge mère. Ce système ne peut corriger que de l'avance.

L'axe de l'aiguille des minutes porte une came D sur laquelle glisse un levier de contact b. Un deuxième levier de contact a glisse sur le levier b quand ce dernier arrive vers la région la plus haute de la came; à ce moment un courant qui arrive de la ligne L passerait à la terre sans entrer dans les électro en passant par A, a, b, et la terre. Ceci a une grande importance car l'horloge mère ferme son courant quelque temps avant que son aiguille des minutes soit sur 12 heures. Au moment où l'aiguille des minutes de l'horloge secondaire arrive sur 12 heures, le levier de contact b quitte D et tombe dans l'encoche de la came. En tombant il arrive en contact avec un levier C.

Le contact entre a & b est rompu car a est arrêté par sa goupille d'arrêt. Le courant dérivé de la ligne passe alors par l'électro M par c, b, et retourne à la terre. L'électro attire alors son armature et le levier h vient arrêter une roue à rochet calée sur le même arbre que la roue d'échappement R. La roue d'échappement étant immobilisée, le pendule (non représenté) oscille à vide, et les aiguilles restent dans cette position.

Au moment où l'aiguille des minutes de la pendule mère marque 12, le courant est interrompu; l'électro M n'étant plus traversé par le courant, abandonne son armature qui sollicitée par son ressort r, dégage la roue d'échappement qui se met à fonctionner normalement. Les aiguilles de la pendule mère et de la pendule secondaire marquent toutes les deux 12 quand elles repartent et la remise à l'heure est effectuée.

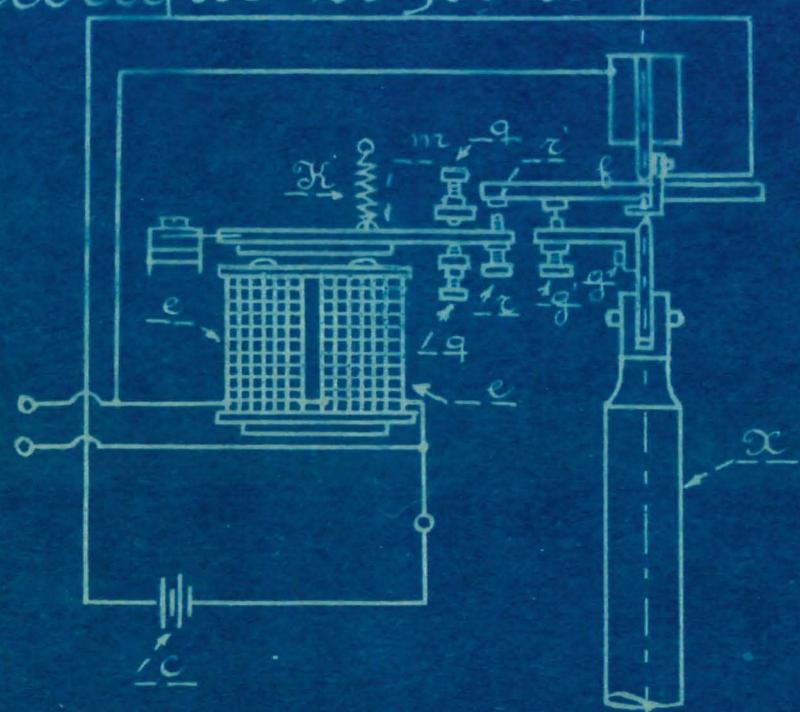
Le défaut principal de ce système consiste en ce que la batterie de pile reste trop longtemps fermée pour permettre sûrement l'arrêt de la pendule secondaire et l'interruption du courant qui fait repartir cette dernière.

Système Fénon. - Le système Collin et autres du même genre, ne peut corriger que l'avance, avec le système Fénon on corrige l'avance aussi bien que le retard.

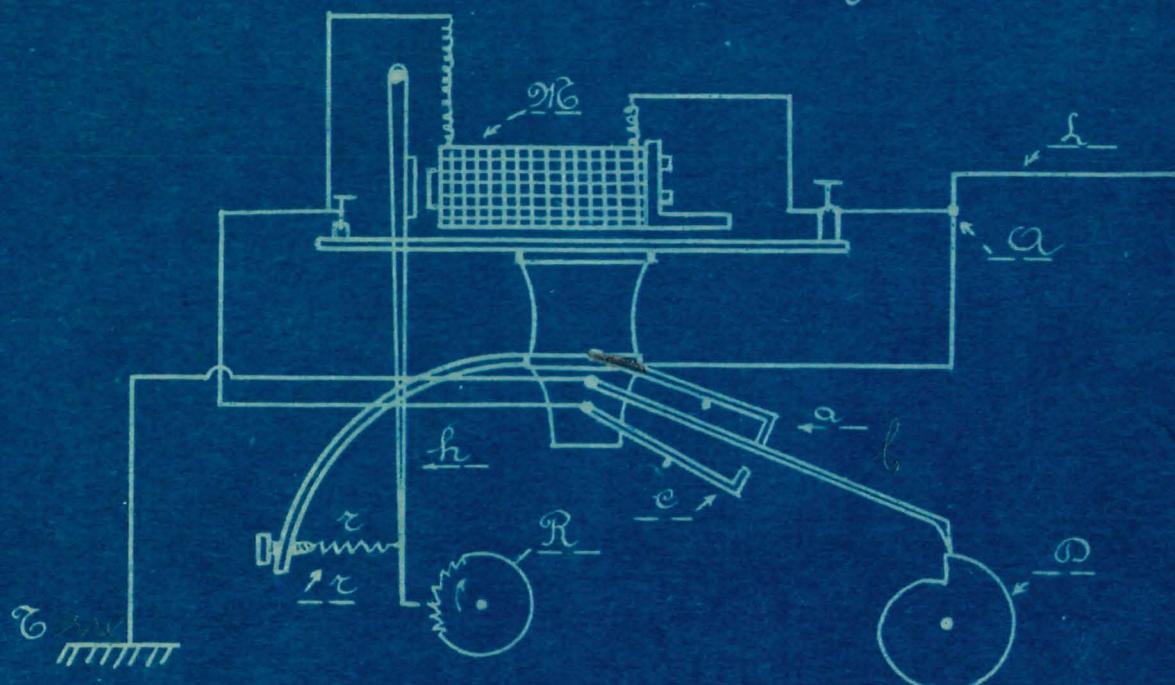
Principe. - Dans les horloges dont l'échappement est à cheville, généralement la roue d'échappement se déplace longitudinalement sur son axe; elle est rotirée en arrière par un dispositif électrique qui la laisse ensuite tourner jusqu'à une butée fixe, pour être renclanchée au moment voulu par un ressort.

Pendule électrique.

Pendule électrique de précision de Favarger

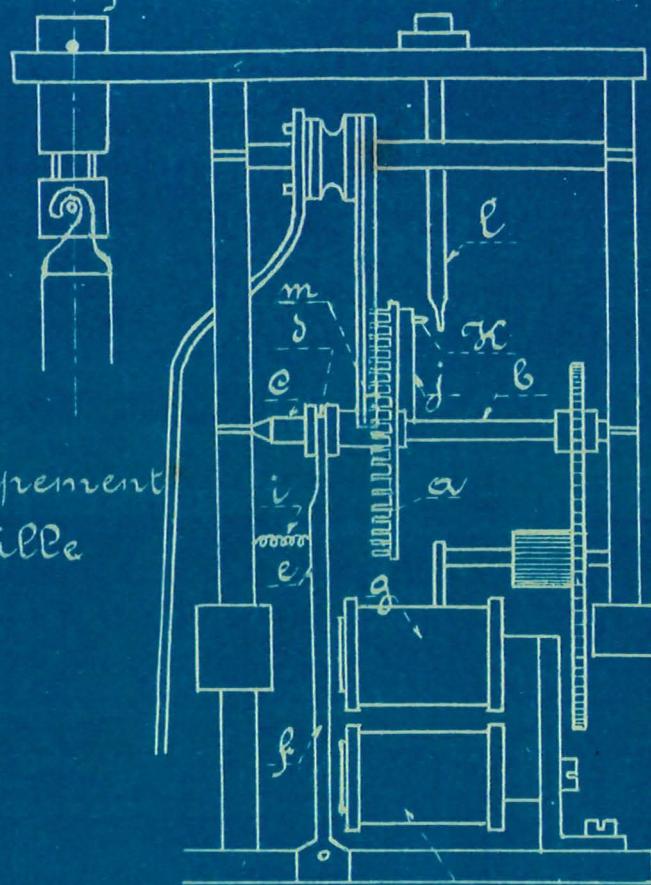


Remise à l'heure électrique système Collin

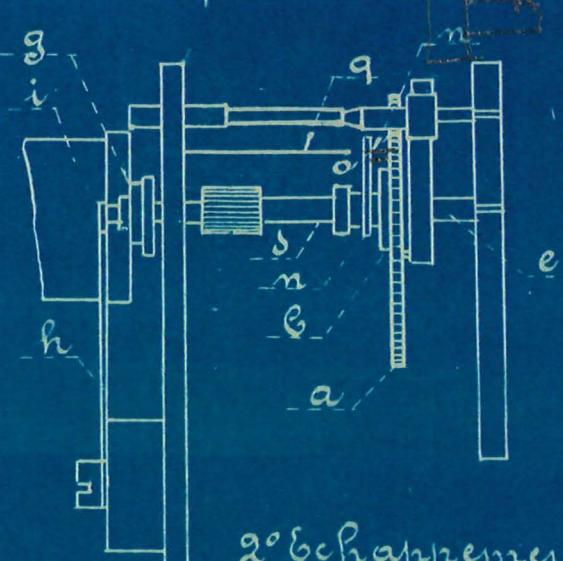


Horlogerie électrique.

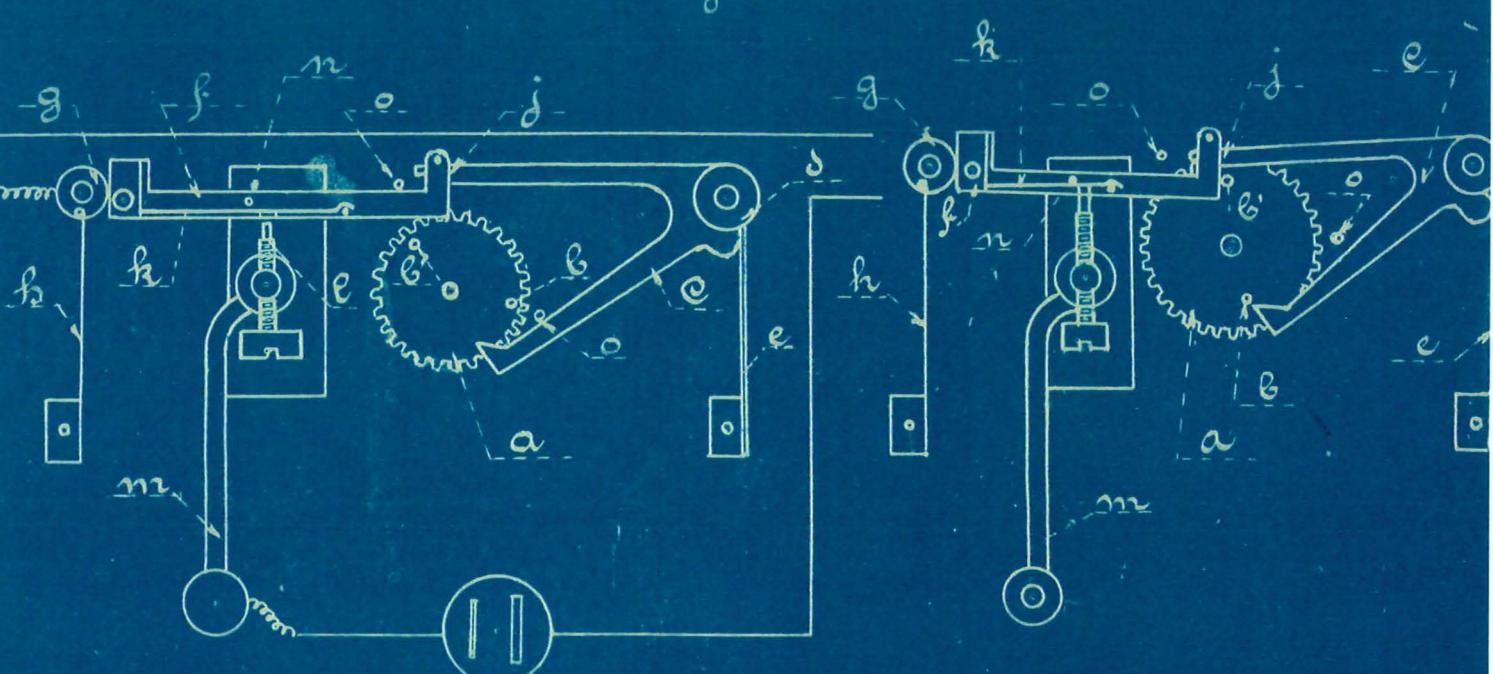
Unification de l'heure. - Système Féron



→ Echappement
à cheville

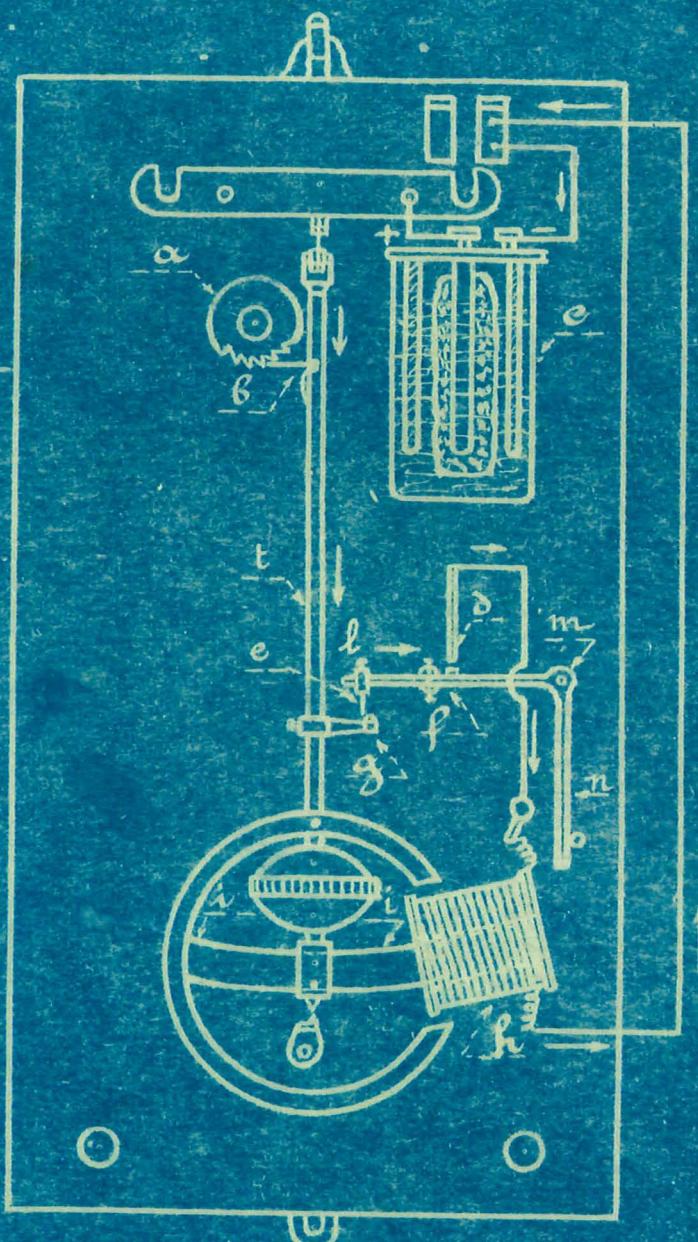


2^o Experiment
à autre.



Pendule électrique

Système Hélios



Supposons que la remise à l'heure s'effectue à midi. A 12 heures précises le courant de remise à l'heure est fermé automatiquement par l'horloge directrice. Cette fermeture du courant a pour but de faire glisser la rotule d'échappement de la pendule à corriger sur son axe, et de dégager ses chevilles de l'ancre.

La roue libérée est entraînée par la force motrice jusqu'à une butée fixe correspondant à 12 h 30 secondes par exemple; elle a entraîné avec elle tout le rouage et les aiguilles naturellement, qui marquent 12 h 30 secondes. L'aiguille des minutes se trouve donc de ce fait avancée de 30 secondes, plus ou moins la différence existant au moment de la fermeture du contact entre l'horloge directrice et l'horloge à régler.

Supposons que cette dernière marque 12 h, moins 5 secondes au moment de la fermeture; l'aiguille des minutes se trouve ainsi brusquement avancée de $30 + 5 = 35$ secondes. Lorsque à 12h30 s exactement à l'horloge directrice, le circuit sera interrompu, la roue d'échappement de l'horloge réglée reprendra sa place entre les becs de l'ancre qui aura grâce au pendule continué de fonctionner à vide, et les 2 horloges directrice et réglée repartiront ensemble en marquant toutes les deux 12h30 s. Cette durée de 30 s. prise comme exemple n'est pas absolue et peut être plus courte ou plus longue suivant les cas.

Description et fonctionnement. - La figure I montre le dispositif de remise à l'heure pour un échappement à cheville; a est la roue d'échappement folée sur son axe b; c'est un manchon fou sur l'axe b, mais faisant corps avec la roue d'échappement; dans la gorge d de ce manchon, vont s'engager l'extrémité de l'armature f de l'électro g. Le ressort antagoniste i sert à ramener l'armature en place et par suite la roue d'échappement par l'intermédiaire du manchon c, quand le courant ne passe plus par l'électro. K est une cheville de butée fixée sur la roue d'échappement; contre cette cheville vient appuyer la tige j fixée sur l'axe b et qui sert à communiquer le mouvement du rouage à la roue d'échappement. L est un ressort d'arrêt contre lequel vient buter la cheville K lorsque la roue d'échappement a été libérée de son ancre par suite de l'attraction de l'armature f par l'électro. m & n sont les becs de l'ancre.

La figure 2 montre un dispositif de remise à l'heure avec un échappement à ancre. a est la roue d'échappement qui fait un tour en 1 minute, b est un petit barillet faisant corps avec la roue d'échappement destiné à faire tourner cette roue pendant le temps de la remise à l'heure. c goupille qui entre dans un des trous de la roue d'échappement qui sert à l'entraîner en temps ordinaire. Cette goupille est portée par un bras n qui est porté par un manchon qui coulisse sur l'arbre d. Le manchon est attiré par l'électro i et repoussé ensuite par le ressort h qui le maintient éloigné de l'électro. q est un levier d'arrêt du levier n.

Dans les échappements à ancre, la roue d'échappement n'est pas retirée de l'ancre, c'est le levier n et sa goupille g qui sont ramenés en arrière pour libérer la roue d'échappement. Ce levier n chargé de communiquer le mouvement du rouage à la roue d'échappement, tourne alors avec le rouage jusqu'à la butée fixe q (I3h.30s.). Pendant ce temps la roue d'échappement tourne sous l'action de son petit barillet jusqu'à une butée qui place exactement la goupille o en face de l'un des trous pratiqués dans la roue d'échappement.

Quand le courant est coupé, le ressort h repousse le levier n et la goupille rentrant dans le trou de la roue d'échappement, la pendule se remet en marche normalement en partant 12h.30s.

Description et fonctionnement du contact de la pendule mère Fénon pour romise à l'heure.

b et b' sont deux goupilles plantées l'une sur la face antérieure de la roue a qui fait un tour en 1 heure, l'autre plantée sur la face postérieure de cette roue. c est un levier à deux branchos, oscillant autour du point d et relevé par le ressort o, f est un levier mobile autour du point g, servant de conducteur au courant; le ressort h tend à abaisser f, K est un ressort de contact monté sur f qui peut venir tomber en l sur une vis réglable, ce ressort fonctionne par frottement pour entretenir la propreté du contact n, o sont des goupilles d'arrêt.

Fonctionnement.- A l'approche de 12 heures b abaisse la branche intérieure du levier C tandis que b' vient soutenir le levier f, A 12 heures précises, b' échappe de f qui tombe sur l et ferme la courant de la pile P, le courant passe alors dans la ligne et va actionner l'électro de la pendule ou des pendules à remettre à l'heure, comme nous l'avons vu précédemment. L'horloge mère continue à marcher b arrive à l'extrémité du levier c et le laisse échapper à 12h.30s. exactement.

Sous l'action du ressort e le levier c se relève et vient brusquement couper le contact K. Le circuit de la pile P est coupé, l'électro de la pendule à remettre à l'heure abandonne son armature; la roue d'échappement reprend sa place et les deux pendules marchent ensemble en marquant 12h.30s.

HORLOGES SYNCHRONISEES

On entend par synchronisation de plusieurs pendules, l'action de les faire osciller ensemble, de leur rendre leurs mouvements solidaires de celui d'un pendule unique appelé "pendule directeur ou synchronisant".

Système Cornu.- Les pendules synchronisées dont le nombre peut être quelconque comportent chacune un pendule P suspendu en S et portant un barreau aimanté e mobile lors des oscillations dans les ouvertures de deux bobines fixes B1, B2.

La bobine B1 dont le fil est fermé sur une résistance convenable RI, joue le rôle d'amortisseur des oscillations.

La bobine B2 agit sur le barreau aimanté par attraction, toutes les fois qu'elle reçoit le courant de la pile ouvert et fermé par la pendule directrice, représentée sur la figure par l'interrupteur i. La résistance R2 a pour but de tuer l'étincelle d'extra-courant.

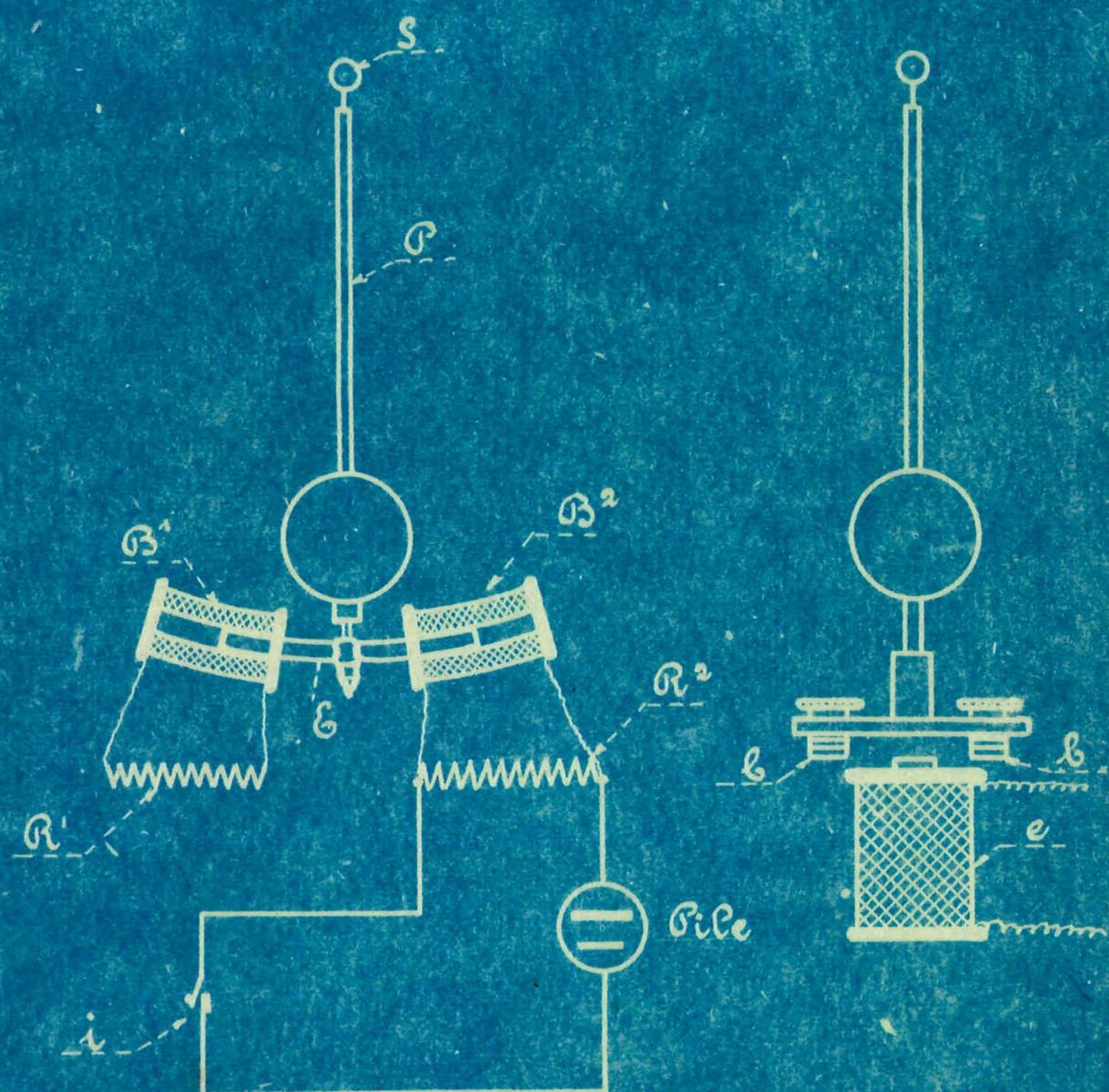
Système Fénon.- Fénon a apporté au système Cornu une modification très heureuse dans ses pendules d'observatoire.

L'aimant e a été remplacé par deux barreaux de fer doux b, dont l'écartement peut être réglé suivant l'axe d'amplitude du pendule à synchroniser; les deux solénoïdes B1, B2 ont été remplacés par un électro-aimant e dit électro de pied, qui se trouve placé dans le plan vertical du pendule. La distance des armatures b à l'extrémité des noyaux de l'électro est très petite et peut être réglée à volonté.

La distance existante entre les deux barreaux b est égale à la 1/2 amplitude du pendule; il résulte de cette disposition que lorsque le pendule est à fin de course, un des barreaux b se trouve au-dessus des noyaux de l'électro e.

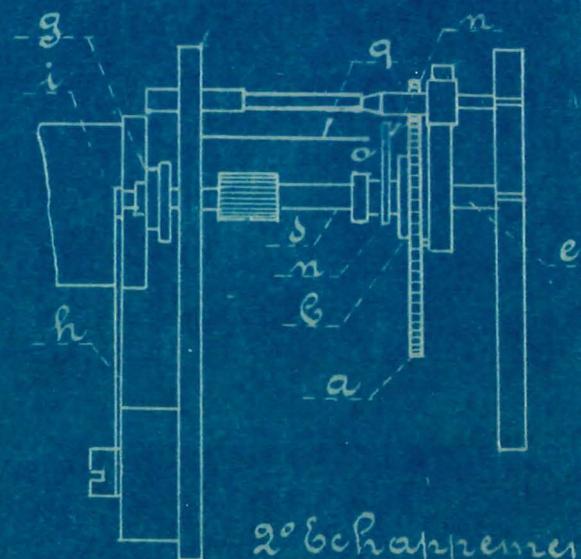
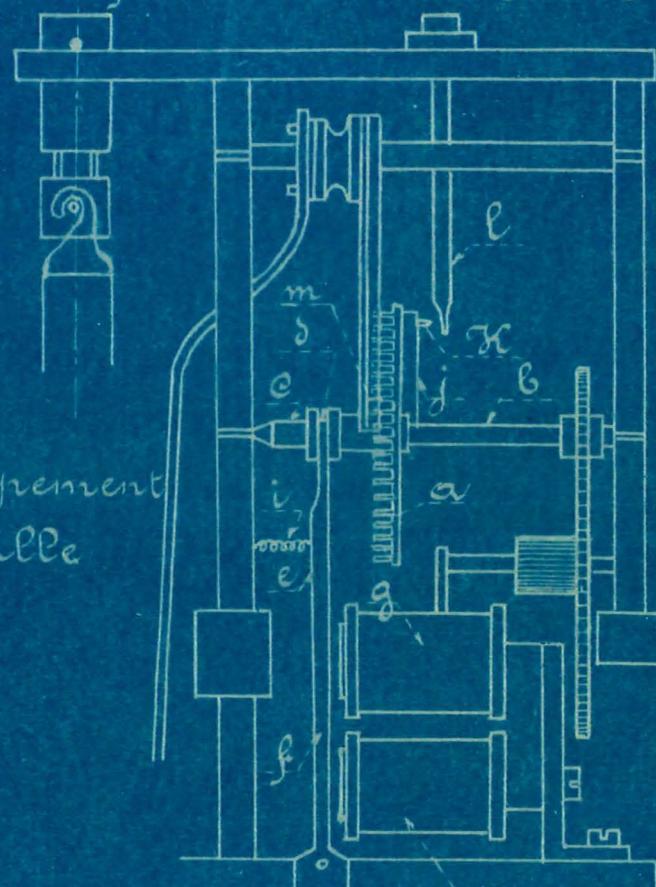
Pendule électrique. -

Synchronisateur
système corru modification Féron

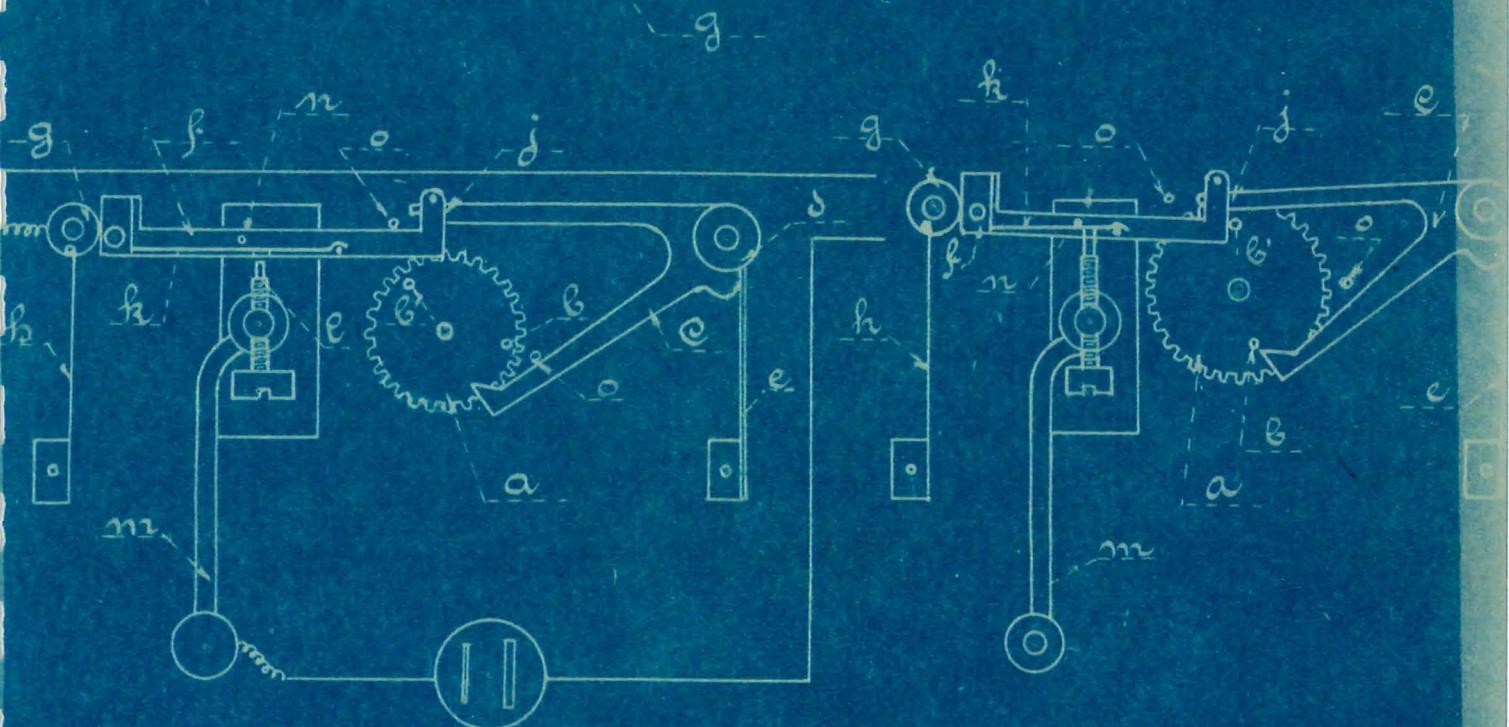


Horlogerie électrique. ~

Unification de l'heure. - Système Fénon



2° Echappement
à ancre.



Dispositif du contact de la pendule mère. ~

Fonctionnement. - Le courant envoyé toutes les secondes par la pendule mère correspond au moment précis où le pendule directeur arrive à fin de course.

Ce courant passant dans l'électro e, il suffit de faire coïncider dans le pendule à synchroniser, le passage d'un des barreaux b au-dessus de l'électro e avec le passage du courant dans ce dernier.

Si le pendule à synchroniser a une tendance au retard, le noyau b est attiré chaque fois par l'électro et le pendule reçoit ainsi une légère impulsion qui le fait battre synchroniquement avec le pendule directeur.

L'avance est corrigée de la même façon par une attraction de b par e qui retient le pendule à chaque oscillation et le fait encore battre synchroniquement avec le pendule directeur.

Ce système employé en France dans de nombreux observatoires et à l'École d'Horlogerie de Besançon a fait ses preuves et donne de très bons résultats.

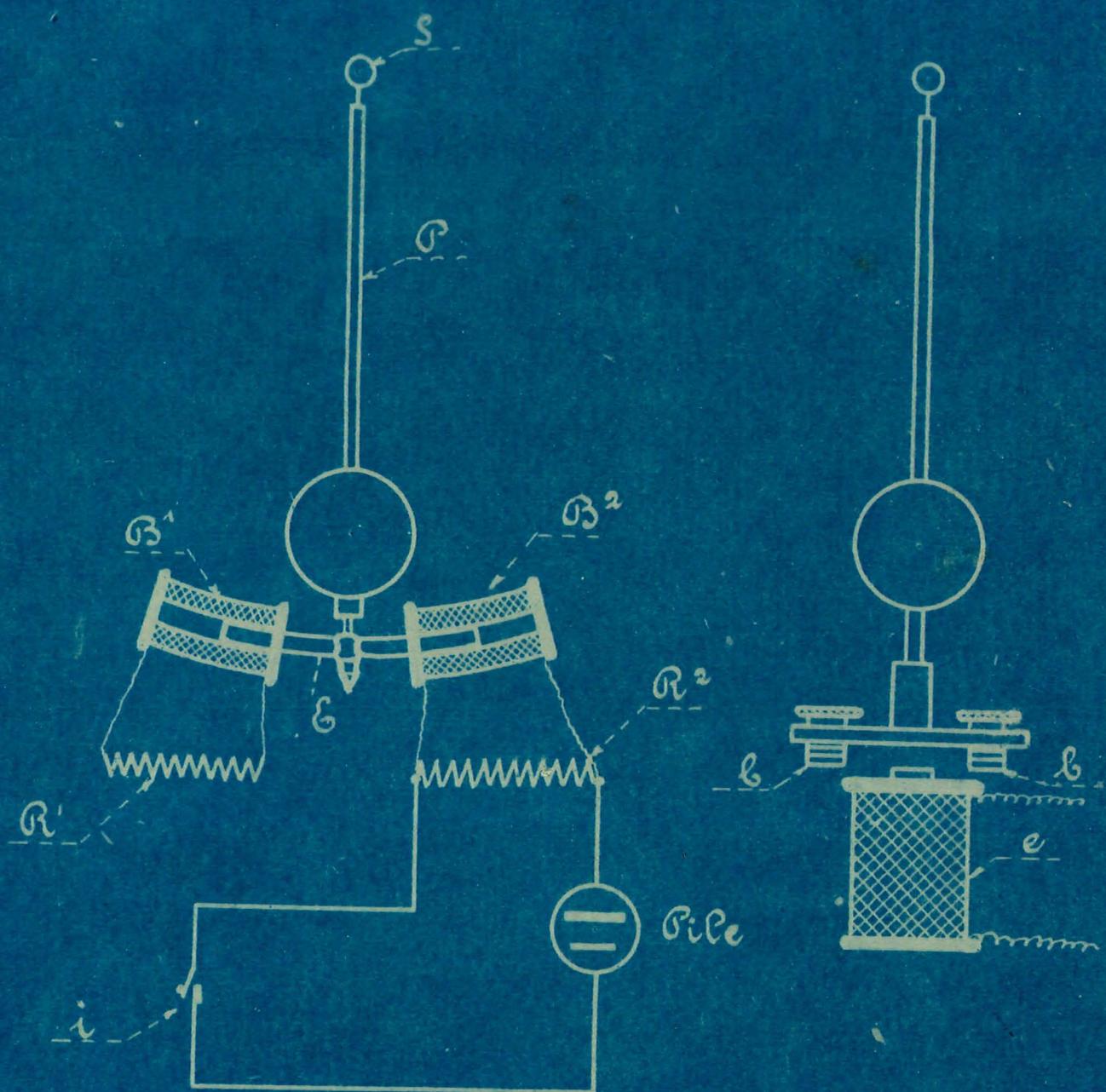
Remarque. - Le courant est envoyé par la pendule mère dans la pendule synchronisée par l'intermédiaire d'un relai spécial très sensible possédant un dispositif pour tuer l'étincelle d'extra-courant qui pourrait se produire sur le contact de la pendule directrice.

Pendule électrique. -

Synchronisateur

Système corru

modification Féron

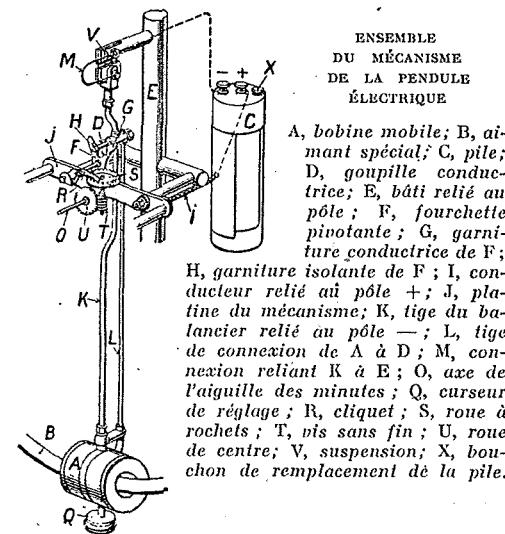


à-coups extrêmement faibles. De plus, les propriétés spéciales du système électro-magnétique, moteur ont été utilisées pour obtenir que la rupture du contact ait lieu à un instant où l'intensité du courant est extrêmement faible par suite de l'existence d'une force contre-électromotrice d'induction prenant naissance dans le circuit électrique. De la sorte l'étincelle de rupture est complètement évitée, et il n'y a aucune altération des pièces du contact, ce dernier ayant plutôt une tendance à s'améliorer par l'usage.

L'énergie fournie par la pile n'a de limite que l'existence de celle-ci ; or, l'entretien de celle-ci ne demande, comme les piles de sonnerie, qu'une rare addition d'eau, destinée à compenser l'évaporation insignifiante du liquide. La capacité de la pile étant supérieure à 15 watt-heures, l'énergie qu'elle fournit est donc équivalente à 5.500 kilogrammètres, soit 50.000 fois l'énergie que peut emmagasiner un ressort de montre. Dans ces conditions, grâce à la faible valeur des résistances passives et au rendement électrique très élevé, l'entretien des oscillations peut être assuré pendant de nombreuses années. Le remplacement de la pile s'effectue d'ailleurs très simplement.

Le mécanisme d'entraînement des aiguilles est commandé par la fourchette pivotante *F*, au moyen d'un cliquet qui, à chaque battement d'une seconde, fait avancer d'une dent une roue à rochet. Celle-ci, par l'intermédiaire d'une vis sans fin et d'un pignon hélicoïdal, actionne l'axe de l'aiguille des minutes. L'aiguille des heures est commandée par une minuterie ordinaire.

La principale condition de bon fonctionnement de cette horloge est d'être installée de façon qu'elle soit bien d'aplomb et que la bobine mobile du pendule oscille librement sans toucher le barreau courbe qui le traverse. Cet aplomb est obtenu au moyen des vis calantes placées sous le



socle de l'appareil. Il convient également d'éviter soigneusement tout contact entre les parties métalliques des divers fils conducteurs employés.

Pour régler l'horloge, il suffit de visser ou de dévisser la rondelle moletée ou curseur *Q* qui se trouve sous le balancier. Si, après une observation de quelques jours, un écart est constaté, on corrige cet écart en tenant compte de cette règle à peu près exacte qu'un tour de curseur corrige un écart journalier de 25 secondes, soit environ une demi-minute. Si, par exemple, un écart de trois minutes est constaté au bout de quinze jours, on en déduira que l'écart journalier est de trois quinzièmes de minute ou douze secondes, et on fera tourner le curseur d'un demi-tour, de gauche à droite en cas de retard, de droite à gauche en cas d'avance.

L'application pratique de l'électricité dans la construction des instruments horaires constitue un progrès considérable dans l'industrie horlogère et ne pourra certainement que se généraliser dans l'avenir. On pourra ainsi avoir l'heure exacte chez soi sans avoir à effectuer des remontages d'horloges.

