

PENDULES
ÉLECTRIQUES **ATO**
BREVETÉES S. G. D. G.

L'HORLOGER A L'ÉTABLI



La réparation des Pendules électriques

(Extrait de la *France Horlogère* du 1^{er} mai 1931)

L'HORLOGER A L'ÉTABLI

.....

La réparation des Pendules électriques

(Extrait de la *France Horlogère* du 1^{er} mai 1931)



On a déjà publié plusieurs ouvrages décrivant les nombreux systèmes de pendules électriques. Ces livres contiennent souvent une partie théorique consacrée aux phénomènes électriques. Malheureusement, ces notions générales sont tout à fait insuffisantes aux praticiens qui désirent se renseigner sur les détails de réalisation des systèmes les plus répandus actuellement afin d'être en mesure de les nettoyer et de les réparer.

Nous avons pensé que nos lecteurs seraient intéressés par un exposé très précis et très détaillé de la méthode à suivre pour déterminer rapidement les causes de dérangements des pendules électriques et y remédier.

Les vérifications à effectuer diffèrent forcément avec chaque système. Dans l'article qui suit, nous avons considéré à titre d'exemple, le mécanisme des pendules électriques « ATO » à court balancier. Cette étude, toutefois, ne se limite pas à ce système et certains des renseignements qu'elle contient concernent également les autres pendules à entretien électromagnétique périodique.

La compréhension de l'exposé qui suit ne nécessite aucune connaissance spéciale en électricité.

1° Rappel des notions d'électricité sur lesquelles sont fondées les pendules électriques « ATO »

Le balancier porte un aimant A, dont une extrémité se déplace dans la bobine creuse B. — A chaque course dans le sens *f*, un petit interrupteur manœuvré par le balancier envoie un faible courant électrique dans la bobine B. Celle-ci attire l'aimant lors du passage du courant. Le courant est coupé pendant le retour du balancier et, par suite, l'attraction de la bobine est nulle.

Les impulsions reçues par le balancier entretiennent ses oscillations, et ce dernier fait progresser une roue à rochet à raison de une dent

par oscillation complète. Cette roue à rochet actionne les aiguilles.

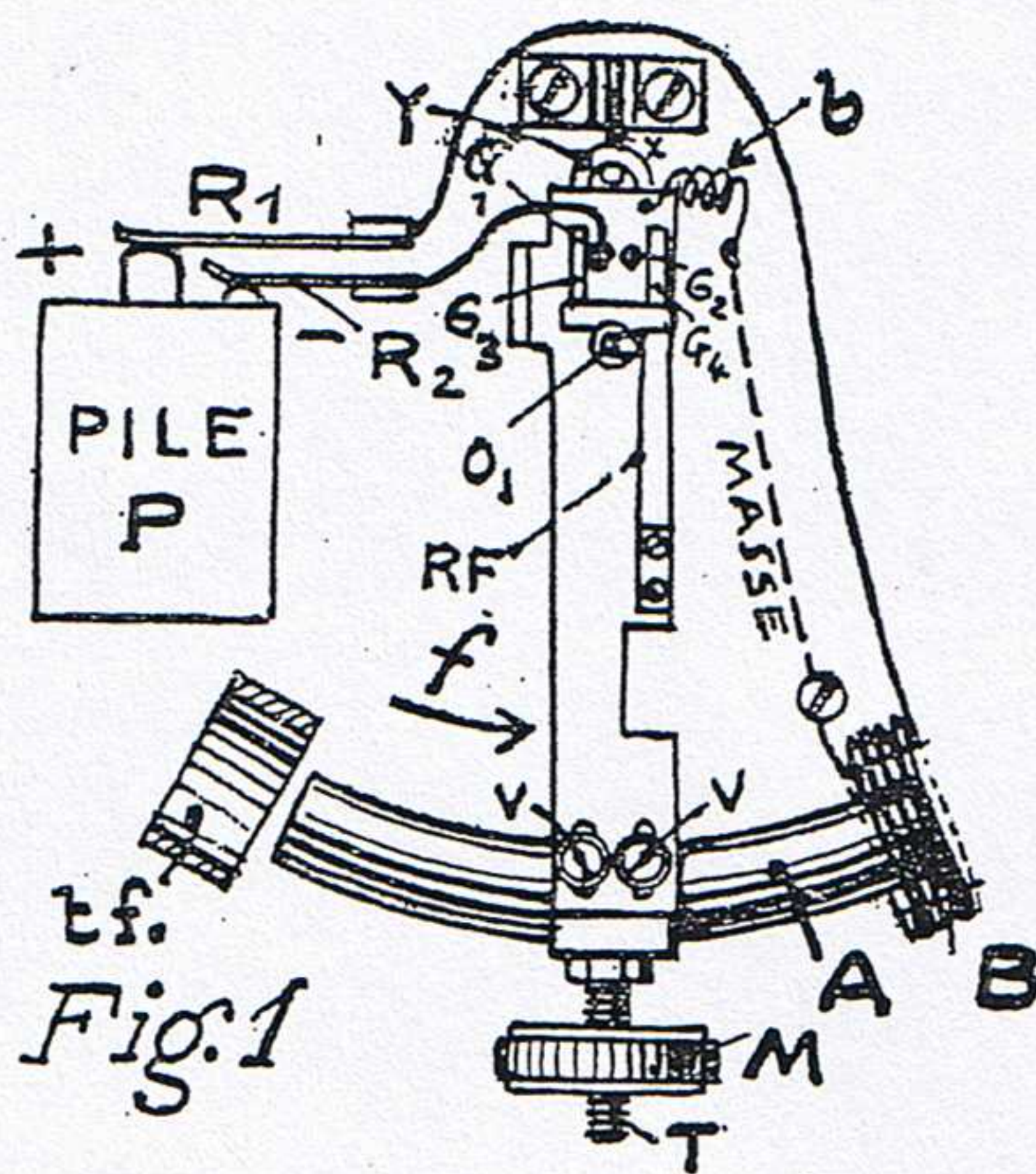


Fig. 1. — Schéma général des mécanismes horaires « ATO » à courts balanciers

Il est important de noter que le sens de l'action de la bobine sur l'aimant, dépend à la fois du sens du passage du courant et de la polarité de l'aimant. Il ne faut donc pas inverser les connexions de la pile, ou retourner l'aimant bout pour bout, car dans chacun de ces cas, la bobine repousserait l'aimant au lieu de l'attirer, et le mouvement serait freiné au lieu d'être entretenu.

2° Interrupteur périodique dans les mouvements « ATO » à balancier quart de seconde

Cet interrupteur est chargé d'établir le courant dans les courses en sens *f* et de le couper en sens inverse. Le circuit électrique est représenté sur la fig. 2. Il est constitué par 4 goupilles, dont deux sont fixes (la goupille G_2 en acier et la goupille G_1 en or), et deux autres (la goupille G_3 en or, et

la goupille G_4 en laiton) forment une fourche solidaire d'un axe o_1 mobile sur le balancier près de la suspension.

Dans le déplacement alternatif du balancier, les goupilles fixes G_2 et G_1 retiennent alternativement chacune des goupilles G_3 et G_4 constituant la fourche.

Il en résulte que dans les courses en sens f , le contact s'établit entre G_1 et G_3 , tandis que, dans les courses en sens inverse, le contact s'établit

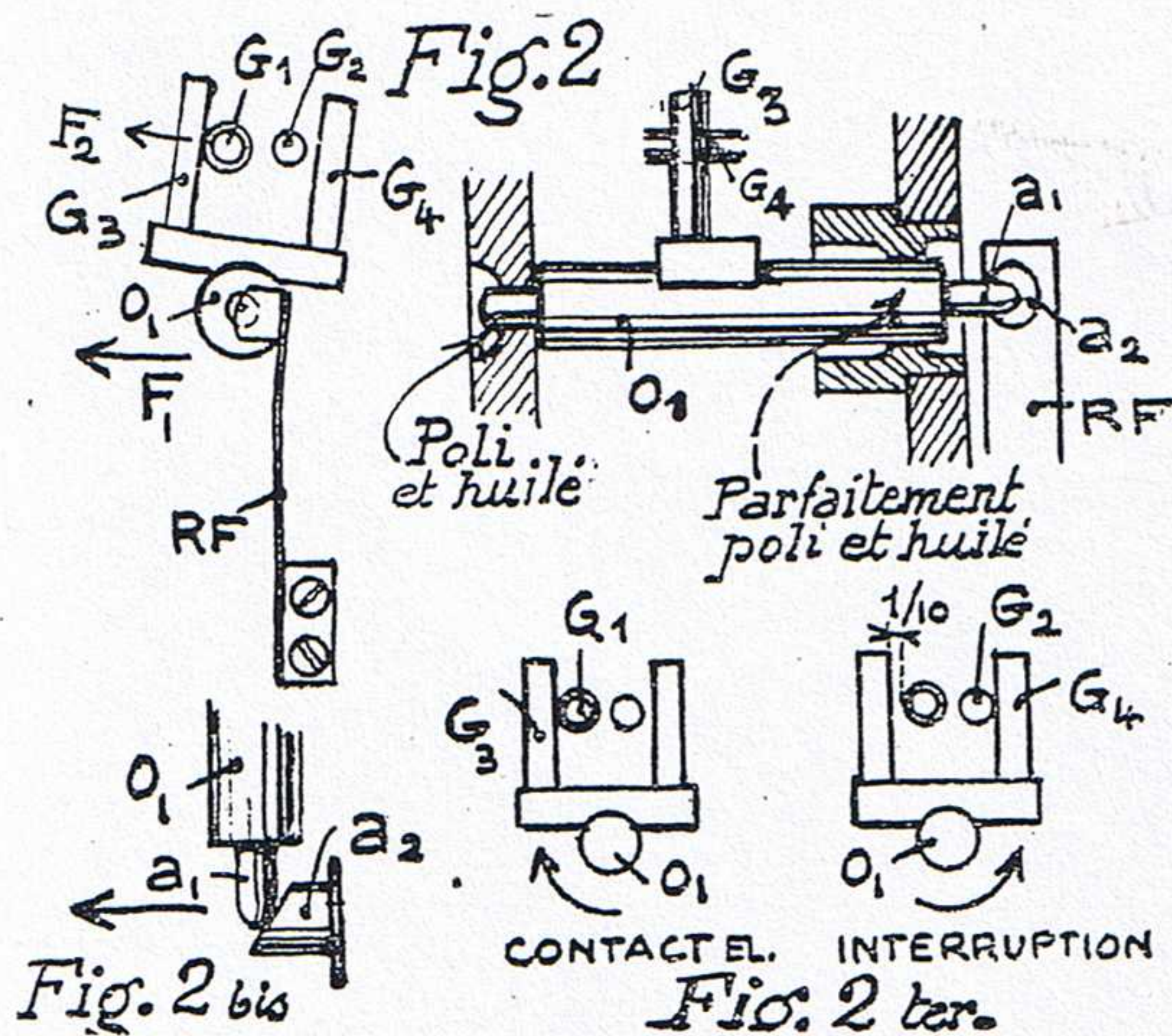


Fig. 2, 2 bis et 2 ter. — Détail de réalisation de l'interrupteur périodique

entre les goupilles G_2 et G_4 . Mais, seule, la goupille G_1 est montée sur une plaquette isolée électriquement, et reliée à la borne négative de la pile comme l'indique la fig. 1. Par suite, le courant ne passe que lors des contacts entre la goupille platinée G_1 et la goupille en or G_3 , ce qui permet de réaliser l'entretien des oscillations.

Il faut qu'il existe une petite pression entre les goupilles G_1 et G_3 , afin que le courant passe bien. Cette pression ne doit pas être trop forte, car il en résulterait une trop grande perte d'énergie qui empêcherait le balancier de prendre une bonne amplitude. La pression de contact de valeur convenable est obtenue au moyen d'un ressort frotteur RF qui appuie sur l'extrémité de l'axe o_1 de contact, comme l'indiquent les fig. 2 et 2 bis. Ce ressort permet également au courant électrique de passer de la tige du balancier à la goupille G_1 sans traverser les pivots huilés. Pour cela l'extrémité de l'axe est munie d'un plot en argent, ainsi que l'extrémité du ressort frotteur RF. La disposition adoptée, que montre la fig. 2 bis, a pour but de produire le frottement sur un diamètre très faible, car les surfaces d'argent en contact ne pouvant être huilées, et il est utile de réduire à l'extrême le frottement de glissement. A cet effet, le plot a_2

du ressort RF forme un plan incliné qui appuie au voisinage de l'extrémité du plot a_1 .

Pour assurer un meilleur passage du courant, il a été prévu aussi un petit ressort à boudin métallique, fixé d'une part à la partie fixe de la suspension, et d'autre part sur le balancier. Cette boudinette est indispensable pour assurer un passage satisfaisant du courant, malgré les trépidations.

3° Outillage pour la recherche des causes d'arrêts ou de mauvais fonctionnement

Il est indispensable d'avoir :

1° Un voltmètre sensible pour mesurer le voltage de la pile ;

2° Un milliampèremètre pour voir si le courant traverse bien régulièrement la bobine ;

3° Des petits dynamomètres constitués par des lames flexibles étalonnées permettant d'apprécier la pression de contact entre les goupilles G_1 et G_3 (voir fig. 8 et explication § 5).

Les Etablissements Hatot ont fait établir deux types de milliampèremètres-voltmètres, convenant spécialement aux réparations de pendules électriques.

Le premier instrument convient aux mesures relatives aux pendules indépendantes et aux petites installations de distribution d'heure synchronisées, l'autre, aux mesures concernant les courants relativement fort utilisés dans la distribution d'heure demi-minute.

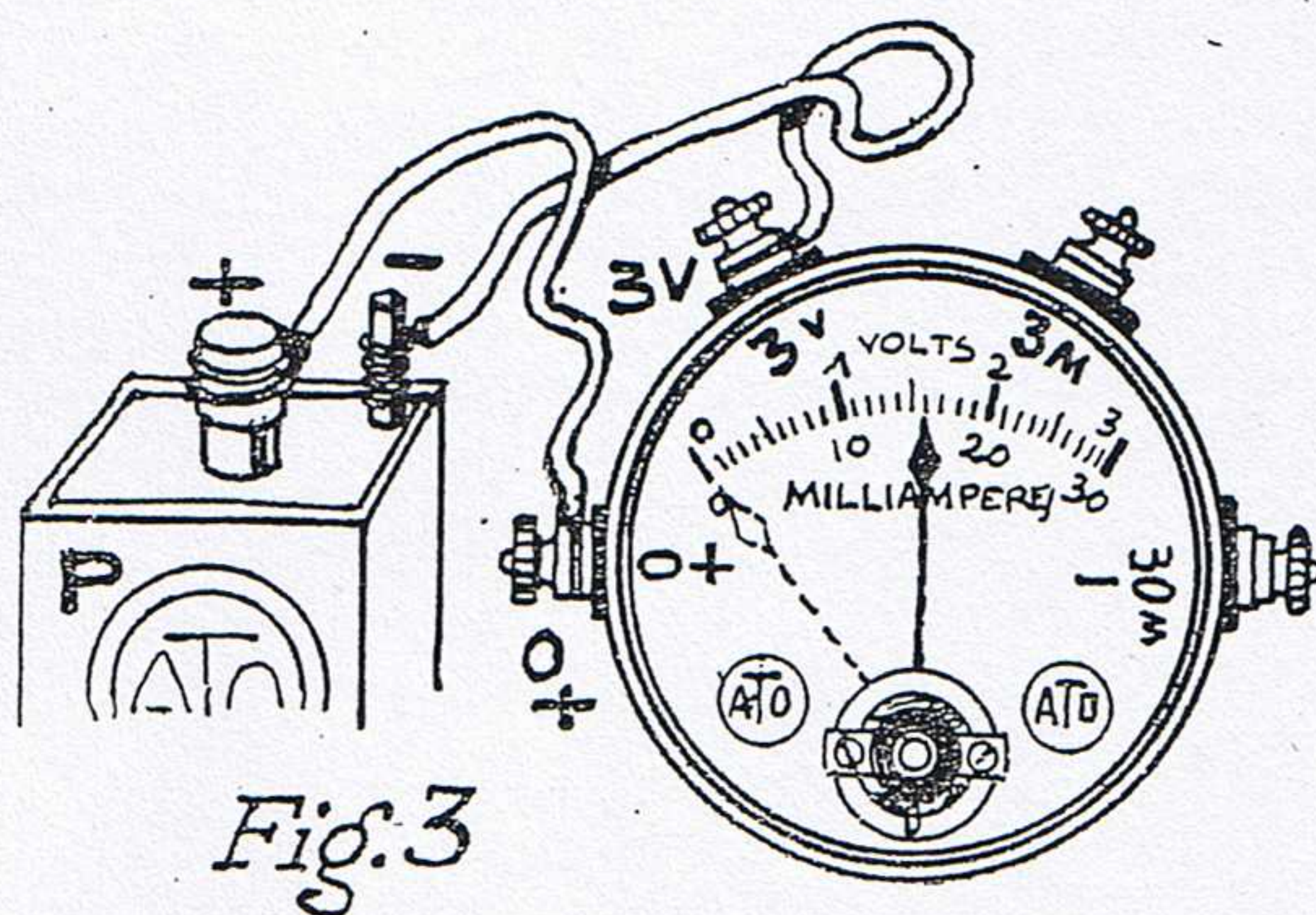


Fig. 3. — Vérification d'une pile au moyen du voltmètre

C'est le premier de ces instruments qui est à employer pour la vérification des mouvements à balancier quart de seconde. Il comporte 4 bornes. Le mode d'utilisation est indiqué sur les fig. 3 et 7.

4° Vérification de la pile

Pour vérifier la pile, il faut se servir des bornes marquées + 0 et 3 v, et faire le montage représenté sur la figure 3.

Le voltage de la pile est indiqué par la graduation rouge. Il est de 1,4 à 1,6 volt pour une pile neuve (suivant le système de pile, cette différence n'a pas d'importance. La pendule doit marcher correctement, même si le voltage descend à 1 v. 2).

Si la pile est trouvée bonne, il convient de s'assurer que les lames de contacts R_1 et R_2 appuient bien sur les bornes et que les contacts sont propres (au besoin nettoyer les contacts à l'essence). La disposition des lames de contact est indiquée sur les fig. 4, 5 et 6. Il faut éviter le

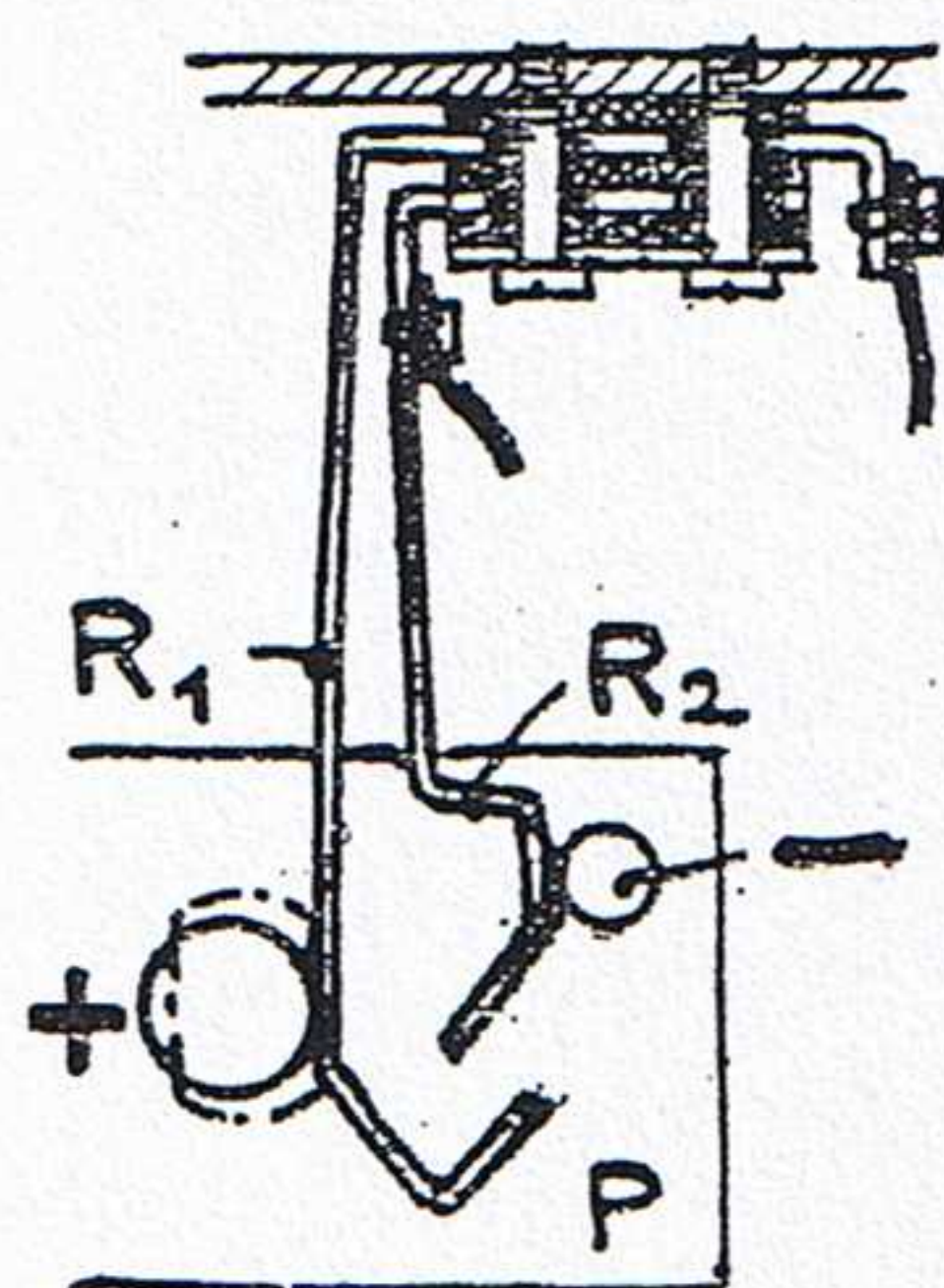


Fig. 4

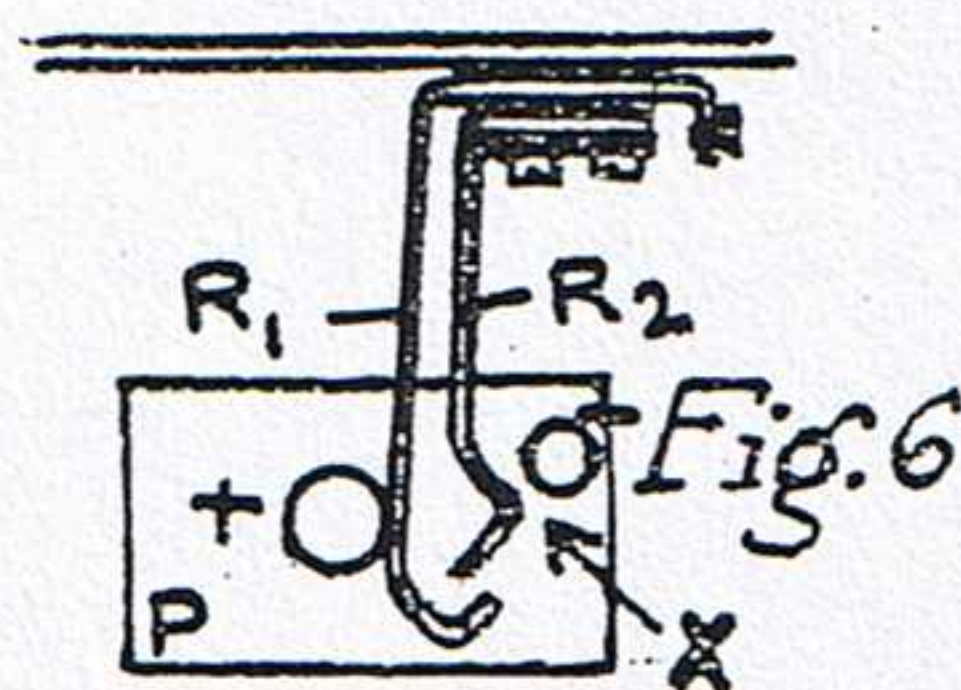
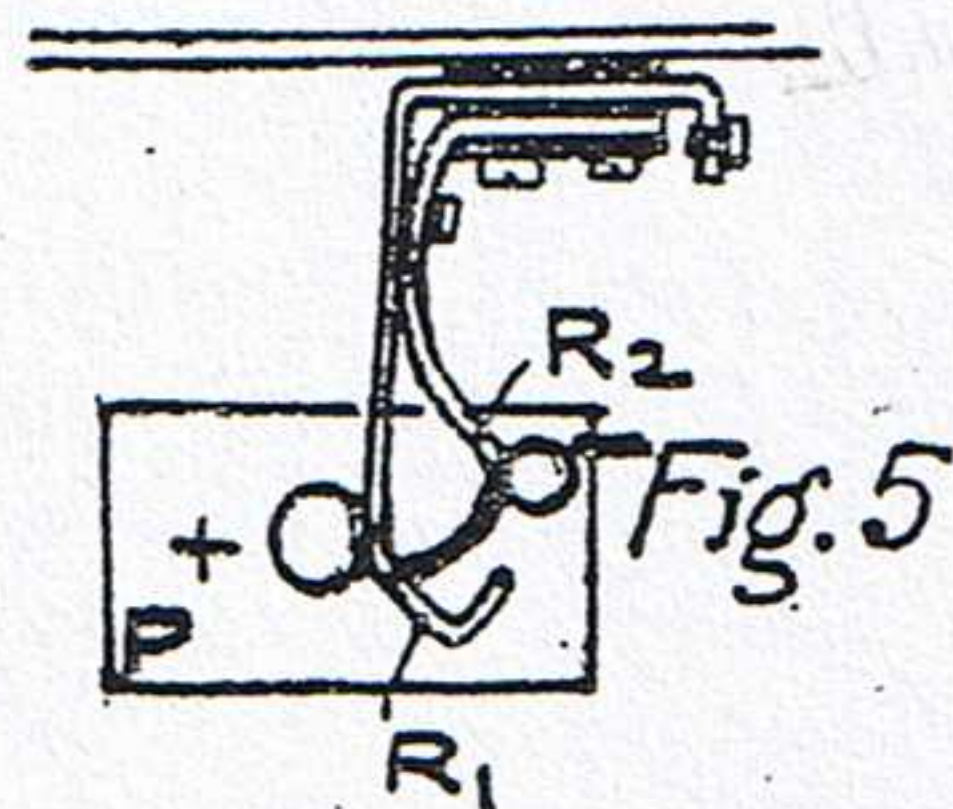


Fig. 4. — Détail de réalisation des lames de contact avec la pile

Fig. 5 et 6. — Formes défectueuses des lames de contact à éviter

défaut représenté fig. 5, qui est très grave, car les lames réunies entre elles forment un court-circuit épuisant très rapidement la pile. Il faut aussi éviter le défaut fig. 6 qui correspond au cas où la lame R_2 ne touche pas à la borne négative de la pile. Si l'un de ces défaut se produisait, il faudrait redresser les lames à la pince, comme l'indique la fig. 4. Enfin les lames de contact R_1 et R_2 , doivent être bien isolées électriquement du bâti laiton.

5° Vérification de l'interrupteur électrique périodique

Si la pile est bonne et bien raccordée à la pendule et que cette dernière ne marche pas bien, il faut chercher s'il s'agit d'un défaut électrique ou mécanique.

Il est très facile de voir si le défaut est électrique en branchant les bornes du milliampère-voltmètre + 0 — 3 M, comme l'indique la fig. 7. On se servira pour cela de fils électriques attachés sur les bornes de la pile, et sur les lames de contact R_1 et R_2 . Si le contact électrique de la pendule est en bon état, on doit constater en

lançant le balancier que le courant passe très régulièrement chaque fois que l'aimant se déplace dans le sens f ; au retour du balancier, en sens inverse, le courant doit être coupé. Les élongations de l'aiguille du milliampère-mètre s'arrêtent à la division 0,5 milliampère.

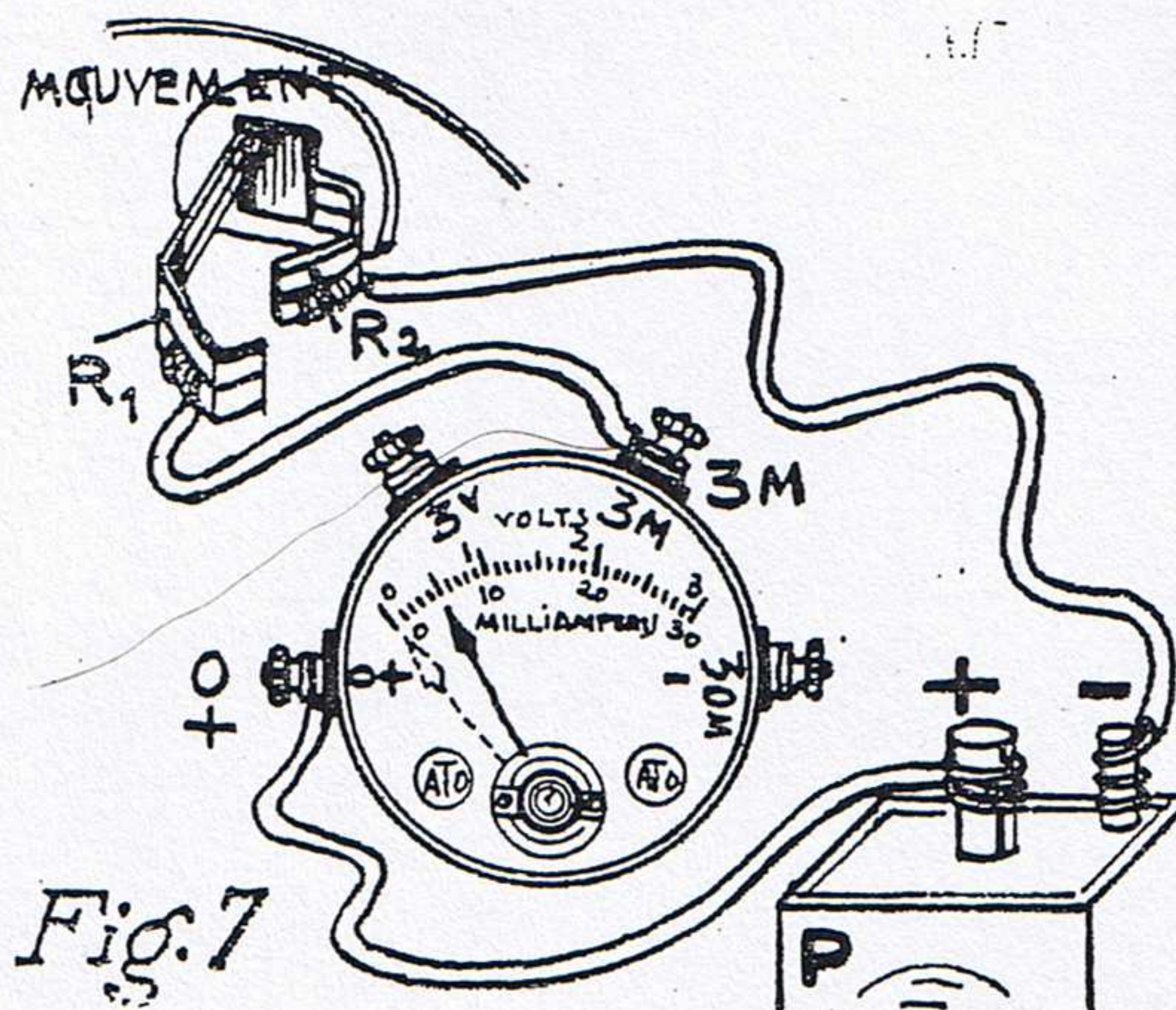


Fig. 7. — Vérification du passage périodique du courant au moyen de milliampère

Lorsque le balancier est arrêté, le courant doit être nul. En lançant très légèrement le balancier, on doit constater le passage périodique du courant dès que la course de l'extrémité du balancier dépasse 2 mm. à gauche et à droite de la verticale.

L'aiguille du milliampère-mètre doit se déplacer dès que le balancier se dirige dans le sens f . (fig. 1). On ne doit pas constater un grand retard du passage du courant par rapport au commencement des courses de sens f .

Si le courant passait irrégulièrement, il conviendrait de vérifier l'interrupteur électrique décrit plus haut (paragr. 2).

Pour que le fonctionnement soit satisfaisant, il faut que les conditions suivantes soient bien remplies :

a) L'axe O_1 (fig. 1, 2 et 2 bis) doit être très propre, bien poli et tourner dans des trous bien huilés, afin que le frottement soit doux et que la rotation de la fourche formée par les goupilles G_3 et G_4 se fasse sans vibrations, ni saccades ;

b) Le ressort frotteur RF (fig. 2 et 2 bis) doit appuyer sur le plan incliné du plot d'argent a_1 de l'axe O_1 avec une pression d'environ 4 grammes, que l'on vérifiera avec un petit dynamomètre (voir plus loin).

Grâce à cette pression, lorsque le balancier se déplace dans le sens f , la goupille G_1 platinée appuie sur la goupille d'or G_3 avec une force d'environ 1,5 à 2 décigrammes. On peut s'en assurer

en démontant le balancier et en faisant tourner l'axe de contact avec un petit dynamomètre, comme l'indique la fig. 8.

Un tel dynamomètre est facile à faire au moyen d'un petit ressort r fixé sur une tige de laiton p . On observe la flexion d produite par un poids connu P . On peut avoir plusieurs de ces lames ainsi que des poids de comparaisons pour vérifier fréquemment l'étalonnage. Il sera utile, notamment, d'avoir un dynamomètre dont la lame décolle de 2 mm. pour 2 décigrammes et un autre dont la lame décolle de 5 mm. pour 5 grammes.

En conduisant la goupille G_3 , comme l'indique la figure 8, on doit constater que la pression se tient entre 1,5 et 2 décigrammes et qu'il ne se produit aucun coïncements ni avances saccadées, indiquant un défaut de polissage de l'axe. Pour cette vérification, il faut tâter la pression pour diverses positions de l'axe et voir s'il n'y a pas pour certaines positions une pression supérieure à 2 décigrammes. Cela serait très mauvais, car ce défaut pourrait s'aggraver dans l'avenir et faire baisser l'amplitude.

c) Il convient de s'assurer de plus, que le petit plot d'argent a_1 du bout de l'axe n'est pas excentré et que le ressort frotteur appuie sur lui par le plan incliné a_2 , comme l'indique la fig. 2 bis. Il faut aussi que la distance entre les goupilles G_3 et G_4 ne soit que très légèrement supérieure à celle des goupilles fixes (jeu de 1/10 à 2/10 seulement, lorsque le balancier est vertical), comme l'indique la fig. 2 ter. Toutefois, ce jeu doit être suffisant pour éviter tout risque de coïncement.

En cas de démontage de l'axe O_1 , il est bon de polir parfaitement les parties frottantes et de bien nettoyer les deux trous de pivots. Les trous de pivots doivent être huilés avec soin en évitant de mettre de l'huile sur les contacts électriques. Les goupilles G_1 et G_3 de contact doivent être lissées avec un brunissoir et soigneusement nettoyées. Signalons à ce sujet que pour assurer un bon contact électrique se conservant bien, il ne faut pas se contenter d'enlever la poussière, il pourrait, en effet, rester une petite crasse très nuisible, même si elle ne se voyait pas. Il faut dégraisser complètement les parties du contact en les frottant avec un bois de fusain imbibé d'éther, de pétrole ou de benzine pure. Après cette opération, il ne faut pas toucher la garniture en métal précieux avec les doigts. Toutes ces conditions étant bien réalisées, le milliampèremètre doit indiquer un passage très régulier du courant. Si cela ne suffisait pas à rétablir la bonne marche, il y aurait un défaut mécanique.

6° Vérifications mécaniques

Cette vérification est à faire comme pour n'importe quel rouage de pendule ou de montre ordinaire. Tâter les jeux, notamment à la minuterie, et faire défiler le rouage. Si le rouage est bien libre, la roue à rochet doit tourner avec une force de 2 décigrammes seulement, ce que l'on peut vérifier facilement avec un petit dynamomètre.

Il convient aussi de s'assurer que la réduction de l'amplitude du balancier, n'est pas due à un défaut dans la suspension ou à une résistance mécanique anormale dans le pivotement de l'axe de contact.

On peut facilement vérifier qu'il n'y a pas de frottements mécaniques anormaux en observant

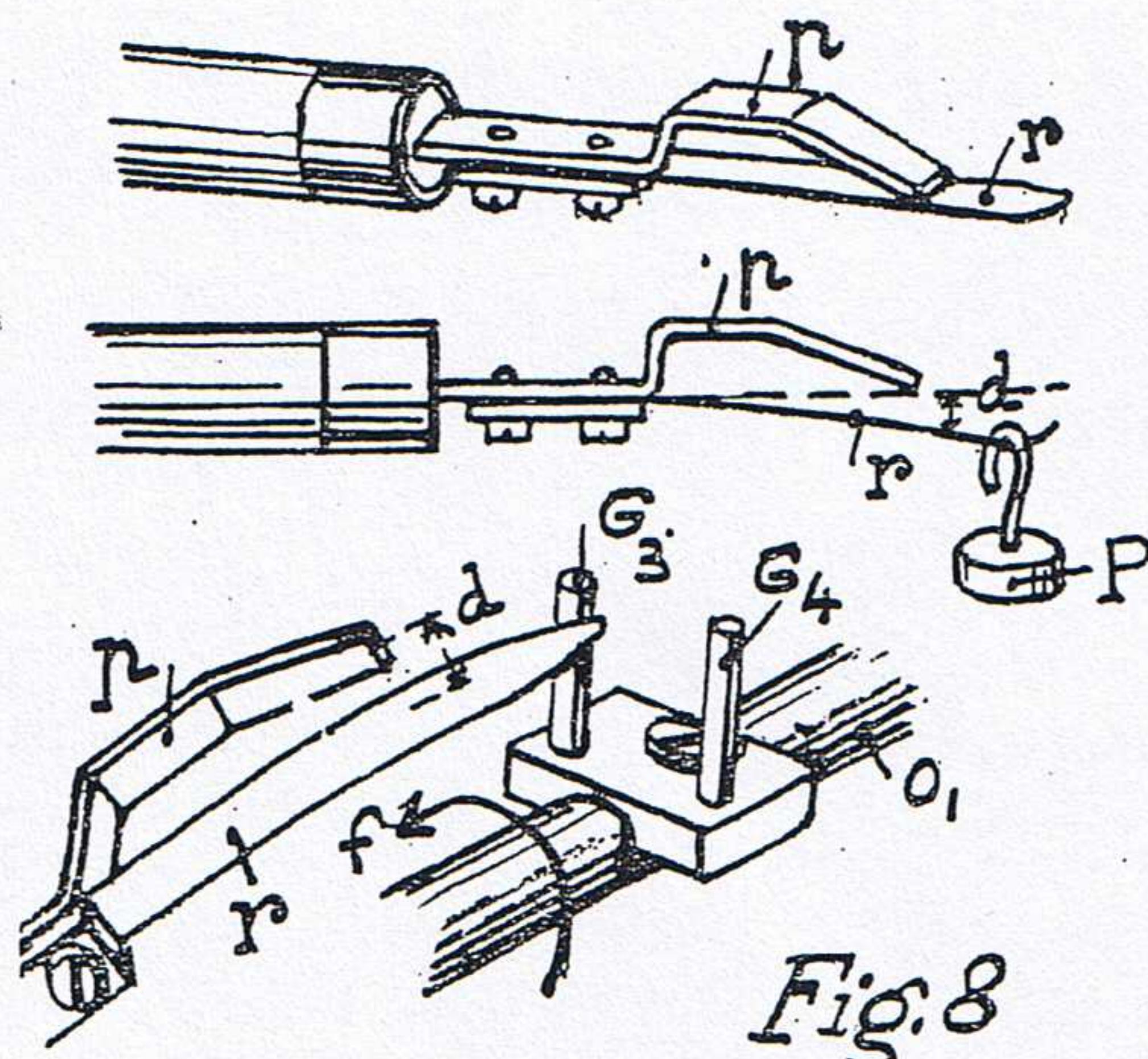


Fig. 8. — Petits dynamomètres permettant de mesurer la pression du contact électrique

la marche d'un mouvement dont on retire la pile et dont on lance le balancier au maximum. Le mouvement étant muni de tous ses organes et installé bien fixe et bien d'aplomb sur un support, il s'écoule un certain temps entre le départ et l'instant où, par suite de l'amortissement des oscillations du balancier, le cliquet moteur cesse d'actionner la roue à rochet.

Ce temps est de 22 à 25 secondes pour les mouvements à platine de 120 mm. et pour les mouvements à platine de 91 mm.

Il est de 16 à 18 secondes pour les mouvements de pendules 2.001 A.

Si le temps constaté est plus faible, c'est qu'il y a un frottement anormal qui contrarie la marche du balancier. On examinera tout d'abord les pièces de la suspension X et Y, voir si les pièces en fil d'acier n'ont pas été déformées par suite d'un effort exagéré dans le transport. S'assurer aussi qu'il n'y a pas d'usure, celle-ci pouvant être provoquée par une marche prolongée de

la pendule avec un défaut de mise d'aplomb exagéré amenant des glissements anormaux. Vérifier ensuite la liberté de l'axe O_1 de contact comme il est expliqué au paragraphe 5, fig. 8.

7° Causes de dérèglages (Voir notice 1)

a) *Installation.* — Pour que la pendule soit placée dans des conditions satisfaisantes pour le réglage, il convient de s'assurer qu'elle est parfaitement immobile et placée à peu près d'aplomb. Ces précautions sont d'ailleurs les mêmes que celles qu'il convient de prendre dans toute pendule à balancier. Bien qu'une mise d'aplomb rigoureuse, par vis calantes, ne soit pas nécessaire, il faut éviter les trop fortes inclinaisons dans le sens latéral et en avant ou en arrière.

Pour les cartels fixés parfois contre une moulure, il faut se méfier des inclinaisons en avant et il sera bon de faire la vérification en regardant la pendule de côté. Si l'on décroche ou déplace la pendule pour la régler, il faut la replacer exactement dans le même aplomb qu'avant la retouche. Il faut éviter de placer la pendule sur un meuble branlant ou dans une vitrine dont les rayons remuent.

Il faut éviter aussi de la placer sur une étoffe ou un carton constituant un support élastique, car le déplacement du centre de gravité du balancier tend à faire branler toute la pendule et à fausser le réglage. Une petite oscillation de cette nature, même si c'est presque imperceptible, réduit l'amplitude et fausse complètement le réglage.

Pour l'éviter, les pendules à poser « ATO » sont toujours munies de trois pieds surélevés, qui doivent porter sur un support à peu près horizontal et parfaitement immobile.

b) *Influences magnétiques.* — Il importe d'éviter toute influence magnétique sur l'aimant du balancier. Cette influence ne se fait sentir que si l'on place un autre aimant ou une très grosse masse de fer tout près de l'aimant du balancier. Il faut une distance d'au moins 30 cm. En conséquence, pour régler simultanément plusieurs pendules, il convient de les écarter d'environ 0 m. 30 à 0 m. 50 pour éloigner suffisamment les aimants des balanciers.

On évitera aussi de placer une pendule près d'un meuble de fer (coffre-fort, par exemple), ou près d'une conduite en fonte.

c) *Retard des aiguilles.* — Pour que les aiguilles avancent régulièrement, il faut que la roue à rochet progresse de une dent à chaque course du balancier en sens f (fig. 1). Il faut donc qu'il ne se produise pas de ratés dans l'encliquetage.

Si la pendule retarde exagérément et d'une façon irrégulière, on examinera si l'amplitude des oscil-

lations n'est pas trop faible. La pendule sera observée en marche de l'arrière en retirant au besoin la pile, et en raccordant celle-ci par des fils électriques. Le balancier doit avoir un grand cheminement (au moins 8° de chaque côté de la verticale). Si l'amplitude est très faible et que la pendule retarde, le défaut est très probablement

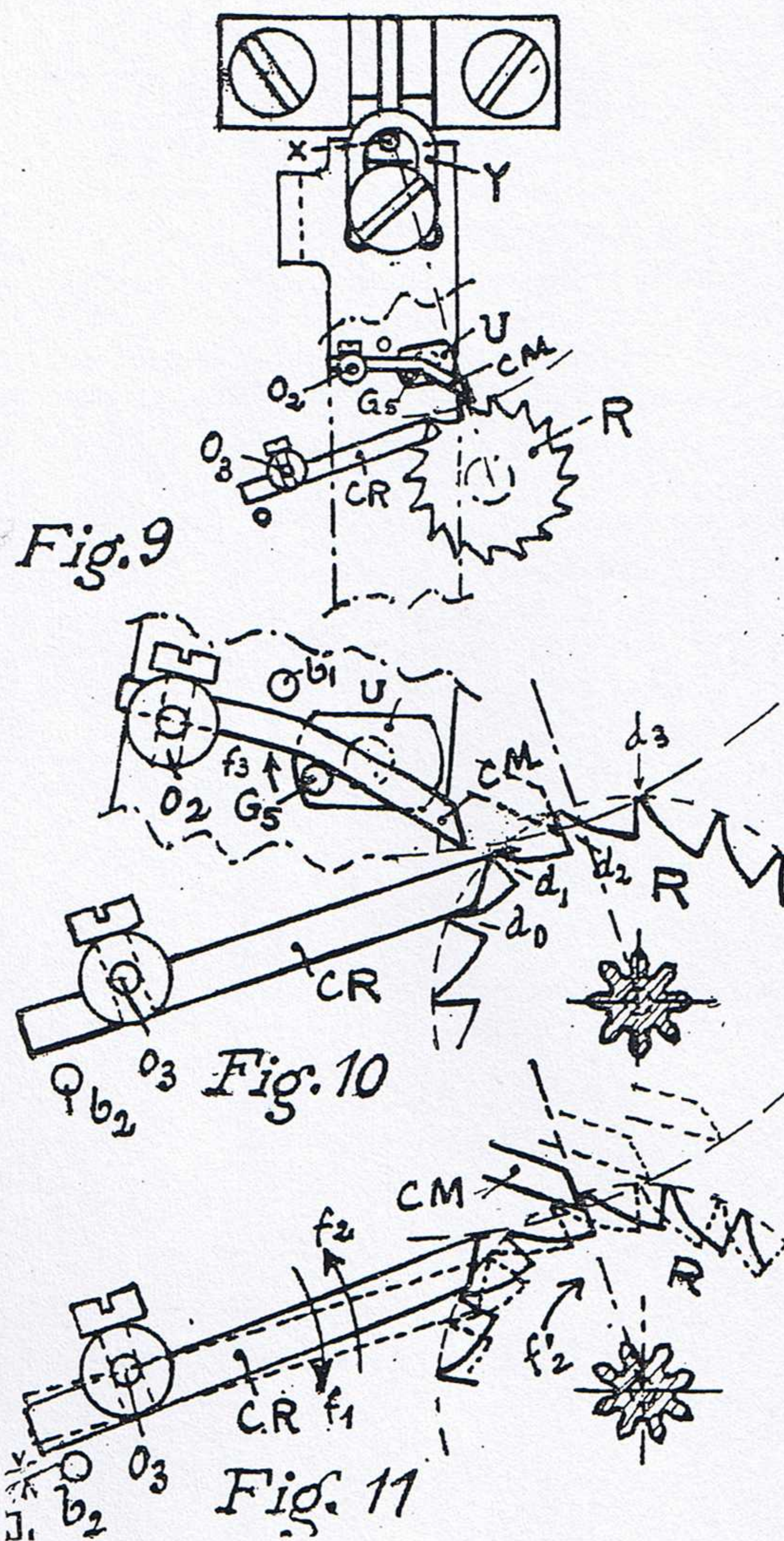


Fig. 9, 10, 11. — Détails de réalisation de l'encliquetage de commande du rouage actionnant les aiguilles

dû à la mauvaise marche du balancier (dont la cause peut être l'usure de la pile ou un défaut de contact, ou un défaut mécanique : voir plus haut les vérifications à faire).

d) *Irrégularité d'encliquetage* (voir les fig. 9, 10, 11 et 12). — Si l'amplitude est bonne, il est probable que les irrégularités sont dues à un encliquetage dérégulé, et il faut examiner la roue à rochet R et le cliquet moteur CM. Ce cliquet CM

doit plonger ni trop fortement ni pas assez, et on règle très facilement cette pénétration par la goupille G_5 sur laquelle il repose. Cette goupille G_5 est fixée sur un petit plot U que l'on peut faire tourner à volonté avec des brucelles (ou avec une petite clef). La fig. 10 montre le plot U qui est mobile à frottement demi-dur.

A noter que le cliquet de retenue CR doit se soulever avec un jeu j_1 d'au moins $1/10^e$ de millimètre. Couder au besoin la goupille de butée pour obtenir ce résultat. Si le jeu était trop faible, il pourrait se produire une résistance anormale s'opposant au mouvement du balancier.

Les cliquets étant de bonnes longueurs, et leurs positions bien réglées, le rochet doit commencer à avancer, lorsque le balancier oscille à une amplitude très faible, correspondant à une course de l'extrémité du balancier de 4 mm. à gauche et 4 mm. à droite de la verticale.

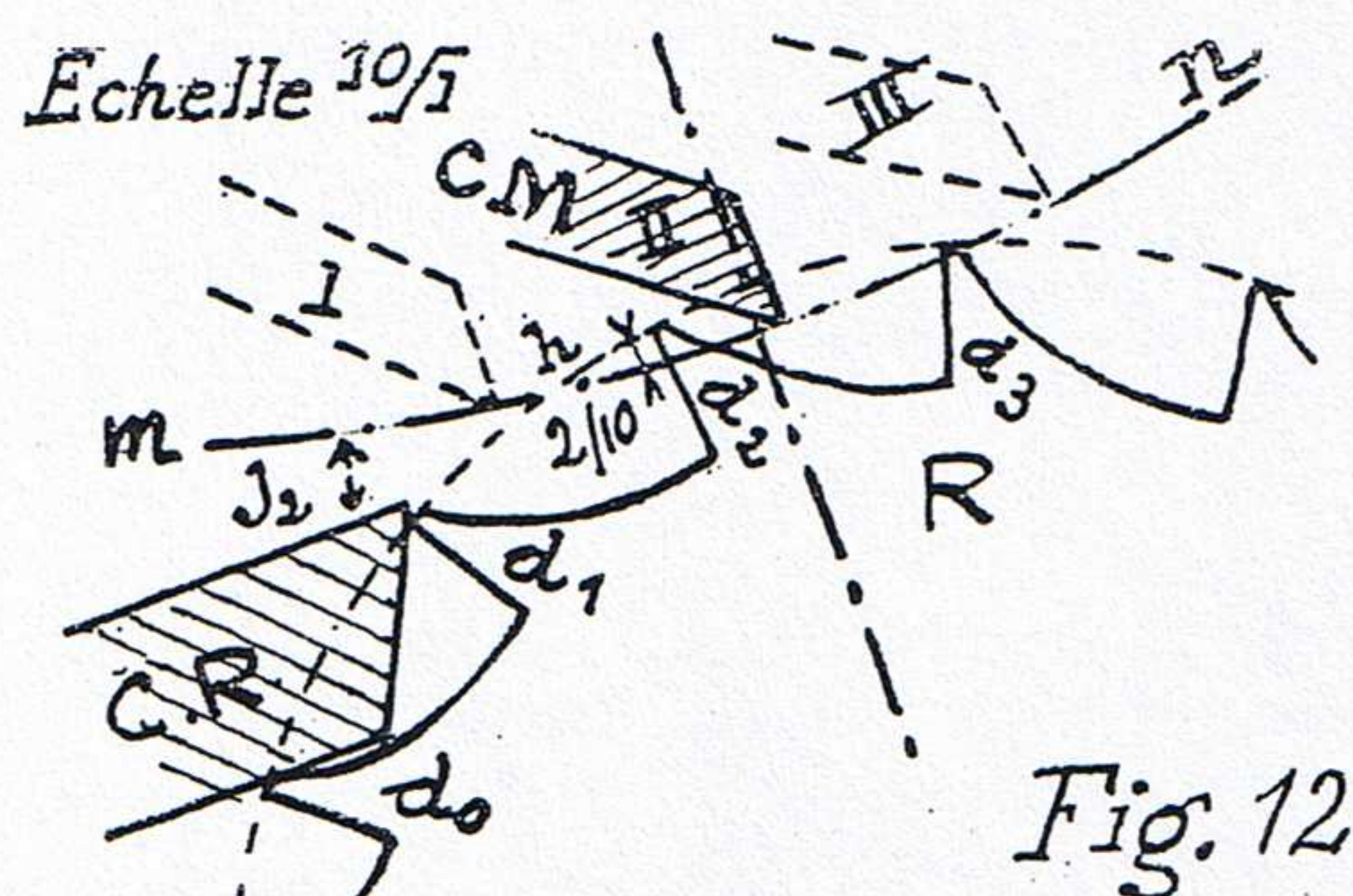


Fig. 12. — Position correcte des extrémités des cliquets par rapport à la roue à rochet, lorsque le balancier est au repos

Au début des courses en sens f (voir fig. 10), le cliquet de retenue CR doit être retombé dans le creux de la dent et le bout du cliquet moteur CM doit passer au-dessus sans le toucher. Ensuite, il doit accrocher la dent sur une hauteur d'au moins $2/10$ de mm. et conduire la roue à rochet sur toute l'étendue de une dent, mais sans excès de menée qui provoquerait le recul de la roue à rochet pendant le retour du balancier. Lorsque le balancier est au repos, le cliquet moteur doit occuper par rapport à la denture la position indiquée sur la fig. 12 qui représente à grande échelle la roue à rochet et les extrémités des cliquets.

e) *Avance exagérée des aiguilles.* — Si l'on constate une avance exagérée des aiguilles, le défaut provient probablement de ce que le balancier, au lieu d'osciller librement, vient frapper en fin de course sur le bâti, ce qui provoque l'oscillation à vitesse accélérée du balancier. Ce défaut peut être dû aux causes suivantes :

Forte inclinaison latérale de la pendule.

Levier d'immobilisation du balancier qui n'a pas été rabattu complètement.

Desserrage des vis de fixation de la bride d'aimant, ce dernier placé de travers frappant sur la bobine.

Amplitude exagérée du balancier.

Dans ce dernier cas, il est probable que la pression de contact est insuffisante, et que le balancier n'ayant pas à vaincre de ce fait la force normale, prend une marche trop grande. Il faut remédier à ce défaut comme il est expliqué plus haut (paragr. 5).

Il faut s'assurer aussi que l'on n'a pas retiré, ni modifié le tube de cuivre électrolytique $t f$ (voir fig. 1). Ce tube, dans lequel se développent les courants de Foucault, a pour but de freiner les oscillations exagérées du balancier lorsque la pile est neuve.

f) *Cas où l'on ne peut corriger suffisamment la marche par la masse de réglage molletée.* — Si la pendule continue à retarder légèrement et régulièrement, bien que la masse molletée M (fig. 1), soit en haut de sa course, il suffit de remonter légèrement la bride de l'aimant. Celle-ci est fixée sur le balancier par des vis traversant des trous ovales. On peut, par suite, remonter légèrement l'aimant, ce qui remonte le centre de gravité et permet d'obtenir le réglage lorsque la masse molletée est au milieu de sa course. Au cas où la masse M est en bas de sa course et que la pendule avance, on peut obtenir aussi le réglage en abaissant légèrement la bride d'aimant. En général, il suffit d'un petit déplacement de 1 à $3/10$. (S'assurer que l'aimant est bien placé transversalement et ne risque pas de frotter sur la bobine B ou le tube $t f$. Bloquer énergiquement les vis.)

8° Remarques diverses

a) Si une réduction d'amplitude après plusieurs jours de fonctionnement normal est constatée et si le passage du courant est irrégulier, il est probable que la pression de contact est insuffisante ou qu'il y a des malpropretés dans les trous de l'axe de contact ou sur les goupilles de contact (poil de brosse laissé sur un pivot, goutte d'huile tombée accidentellement sur le contact).

b) Si l'on a démonté l'aimant, il faut éviter de le retourner car l'action électrique serait inversée et freinerait la marche.

c) Lors de l'observation du mouvement démonté, il faut le fixer sur une potence en bois, ou en laiton, ne comportant pas de pièces de fer et parfaitement immobile.

Il faut éloigner le mouvement de l'étau d'établi qui attirerait l'aimant du balancier.

d) Bien que la désaimantation de l'aimant soit extrêmement rare, il peut être utile de vérifier la force de l'aimant. On procédera comme l'indique

la figure 13. Une tige de fer T doit soulever l'aimant A par suite du collage magnétique.

9° Résumé de la méthode à suivre

Pour la recherche des défauts : avant de démonter le mouvement on peut faire le premier examen suivant :

a) S'assurer d'abord que la pile est bien placée et que le balancier oscille bien librement, sans choc ni frottement, ce dont on pourrait s'apercevoir par un bruit anormal ou un amortissement rapide des oscillations.

b) La pile étant débranchée, mesurer le temps d'amortissement comme il est expliqué au paragraphe 6.

c) Mesurer le voltage de la pile et brancher le milliampèremètre.

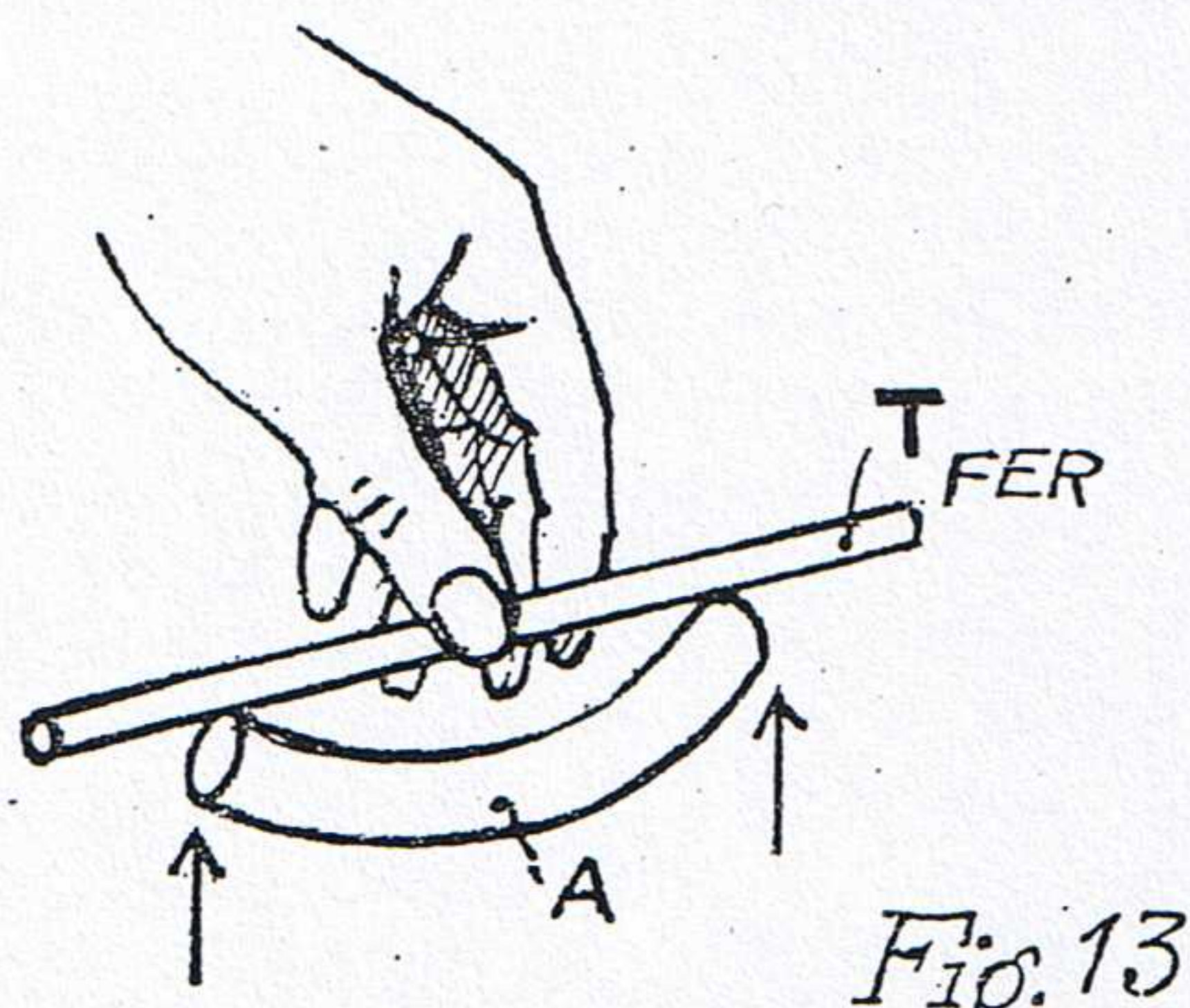


Fig. 13

Fig. 13. — Vérification de la force de l'aimant

Les diverses vérifications que l'on peut faire après le démontage du mouvement, sont les suivantes :

1° Vérifications mécaniques

- a) Faire défiler le rouage.
- b) Vérifier le jeu du cliquet de retenue soulevé.
- c) Essai d'amortissement (22 à 25 secondes pour les mouvements 120 ; 16 à 18 secondes pour les mouvements 2.001 A).

d) Vérification de l'encliquetage pour amplitude de + 8 mm.

2° Vérification avec pile et milliampèremètre

a) Courant régulier de 0,5 milli. Pas de retard dans le passage du courant par rapport au déplacement. Pas de contact permanent à la verticale. Démarrage rapide à partir d'une faible amplitude.

b) Pile entrant facilement. Bonnes formes des lames (voltage d'une pile neuve, 1 v. 5 bonne jusqu'à 1 v. 2).

3° Vérification du mouvement démonté avec un dynamomètre 2 décigrammes et un de 5 grammes

a) Propreté et pression de contact. Pression supérieure à 1,5 décigramme et inférieure à 2 décigrammes, et cela pour toutes les positions de l'axe (tâter les petits coincements).

Mouvement non saccadé de l'axe. Même pression dans les deux sens de rotation de l'axe. Pas d'excentrage du plot d'argent de l'axe de contact. Vérifier la pression du ressort de pression qui doit appuyer avec une force d'environ 4 grammes.

b) Vérifier la boudinette du balancier.

4° Soins spéciaux pour la fabrication et la réparation

Axe de contact bien poli surtout dans la partie de grand diamètre.

Trous de cet axe polis et très propres et bien huilés, pas d'excentration de la goupille d'argent.

10° Recommandations spéciales

Cet exposé montre qu'il est facile d'acquérir les connaissances nécessaires pour pouvoir réparer une pendule électro-magnétique.

Nous recommandons particulièrement de rechercher méthodiquement la cause du défaut constaté, en faisant usage d'un voltmètre et d'un milliampèremètre sensible du type à cadre mobile et aimant permanent. Il ne faut pas employer les petits voltmètres à palette de fer qui se présentent le plus souvent sous l'aspect d'une grosse montre. Ces appareils sont fréquemment utilisés dans les postes de T. S. F. pour la recharge des accus, mais ils ne donnent que des indications grossières, et ils se dérèglent très facilement. De plus ils absorbent beaucoup de courant et peuvent même détériorer les piles spéciales utilisées en horlogerie électrique.

L'exposé qui précède montre que dans les pendules électro-magnétiques, les défauts sont le plus souvent dus à des causes futiles telles que : desserrage de vis, défaut de propreté d'un axe ou d'un contact. Les pièces du mécanisme sont en effet soumises à des efforts très faibles, et les pivots sont relativement gros et robustes ; il n'y a pas à redouter d'accidents graves tels que : rupture de ressort-moteur ou de pivots, ovalisation des trous de pivot par l'usure, défauts d'échappement, nécessitant une réparation longue et délicate. La réparation se bornera le plus souvent à un nettoyage ; mais il importera de bien suivre les recommandations mentionnées plus haut au sujet du réglage de la pression du contact électrique.