

## EXPOSÉ D'INVENTION

Publié le 1er septembre 1921

**N° 90346**

(Demande déposée: 15 mai 1920, 20 h.)

**Classe 72 a****BREVET PRINCIPAL**

Madame V<sup>e</sup> Berthe Marie Marguerite MOULIN née Chenard,  
Vailly-sur-Sauldre [Cher], et Maurice Philippe FAVRE-BULLE,  
Boulogne s/Seine (France).

**Horloge électro-magnétique.**

La présente invention a pour objet une horloge électro-magnétique du genre de celles dans lesquelles un pendule commande et régularise le mouvement des aiguilles, l'entretien des oscillations de ce pendule étant obtenu grâce à l'action d'un courant électrique intermittent parcourant une bobine sur un système d'aimants.

Dans les horloges électriques de ce type, construites jusqu'à ce jour, on a conservé pour assurer la liaison entre le mouvement du pendule et celui des aiguilles la plupart des organes utilisés pour les horloges mécaniques ordinaires dans lesquelles le pendule régulateur est mis en marche par les rouages mêmes qui entraînent les aiguilles, et l'on s'est efforcé de se rapprocher des conditions réalisées dans ce cas par les dispositifs d'échappement d'horlogerie qui permettent de donner au pendule des impulsions très brèves au voisinage de sa position d'équilibre.

Dans le cas d'un pendule commandant les aiguilles, cette condition est difficile à

réaliser et elle entraîne divers inconvénients sur lesquels on reviendra. Elle est, d'autre part, insuffisante pour assurer l'isochronisme des oscillations du pendule à cause des perturbations apportées par la force retardatrice due à l'entraînement de l'ensemble des organes assurant la commande des aiguilles.

Dans l'horloge électro-magnétique faisant l'objet de la présente invention, on se propose de remédier à ces divers inconvénients.

Une forme d'exécution de l'objet de l'invention est représentée, à titre d'exemple, au dessin annexé, dans lequel:

La fig. 1 représente une vue d'ensemble de face de l'horloge avec une coupe partielle;

La fig. 2 en est une vue de côté correspondante avec parties également en coupe;

Les fig. 3 et 3bis représentent en détail l'interrupteur automatique produisant les fermetures successives du circuit de la bobine de l'horloge;

La fig. 4 représente un schéma du circuit et des connexions électriques de l'horloge.

Comme il est représenté fig. 1 et 2, l'horloge comporte un pendule de longueur invariable dont la masse est constituée par la bobine 1 attachée au moyen de deux fils métalliques 2 et 3, préférablement en métal „invar“, à une traverse rigide de laiton 4. Les fils 2 et 3 sont disposés comme les côtés d'un trapèze isocèle de façon que l'ensemble soit indéformable en raison du poids de la bobine 1 assurant la tension des fils. Le pendule ainsi constitué est suspendu au support 5 par le fil de soie 6 arrêté au moyen de vis 7 et 8 qui sont portées par le support 5 et permettent de régler commodément la longueur du pendule. Le support 5 est fixé sur un socle en bois ou en marbre 9.

La bobine 1 est traversée par un barreau aimanté fixe 10, qui présente la même polarité Sud aux extrémités et un pôle Nord intermédiaire dans la partie médiane. Ce barreau a la forme d'un arc de cercle et il est maintenu sur le socle 9 au moyen des piliers 11 et 12.

Sur la traverse 4 du pendule est fixée une tige 13 portant un ressort formant cliquet 14. A chaque oscillation du pendule dans le sens de la flèche *f*, le cliquet 14 fait tourner d'une dent la roue à rochets 15 montée sur l'axe 16. Cet axe est pivoté sur deux platines 17 et 18 entretoisées par les piliers 19 et 20 et maintenues au moyen du support 21 fixé sur le socle 9 de l'horloge. Le mécanisme de transmission de la rotation de la roue à rochets 15 aux aiguilles est caractérisé par une double démultiplication par vis sans fin et roue dentée.

L'axe 16 de la roue à rochets porte une vis sans fin 22 engrenant avec la roue dentée 23 portée par l'axe intermédiaire 24 (fig. 4).

Cet axe 24 est pivoté sur les équerres 25 et 26 fixées sur la platine 18. Il porte la vis sans fin 27 engrenant avec la roue dentée 28 portée par l'axe 29 de l'aiguille des minutes.

A chaque retour du pendule, le cliquet se soulève et le retour en arrière de la roue à rochets 15 est empêché par le ressort arrêté 30 fixé sur un pilier porté par la platine 18.

L'entretien des oscillations du pendule est obtenu au moyen d'un interrupteur automatique commandé par le pendule lui-même et permettant de fermer un circuit électrique comprenant la bobine 1 et une pile *P* pendant une partie des courses du pendule dans le sens *f*. Le passage de ce courant a pour effet de développer une force électro-magnétique s'exerçant dans le sens de la flèche *f* par suite de la présence du barreau aimanté 10 à pôles conséquents.

L'interrupteur automatique est constitué par les organes qui assurent l'entraînement du mécanisme de commande des aiguilles.

Le circuit électrique comprenant la bobine 1 et la pile *P* aboutit, d'une part, au cliquet 14 et, d'autre part, à la roue à rochets 15.

Lorsque le pendule oscille dans le sens de la flèche *f*, le contact s'établit à l'instant où le cliquet 14 vient toucher la roue à rochets 15 et l'oblige à tourner. Ce cliquet a la forme indiquée en détail sur les fig. 3 et 3bis et il porte à son extrémité une pièce de fibre 31.

Comme on peut s'en rendre compte par l'examen de la fig. 3, le contact ne reste établi que pendant une partie de la course du pendule dans le sens *f*. Il est ensuite rompu pendant la fin de la course et pendant le retour du pendule, car c'est la partie isolante de fibre 31 qui vient alors frotter sur la dent de la roue à rochets.

Le circuit électrique reliant l'interrupteur ainsi constitué avec la bobine 1 et la pile *P* est réalisé au moyen des fils 2 et 3 de suspension de cette bobine. Celle-ci est constituée au moyen du tube de laiton 32 aux extrémités duquel sont soudées les joues 33 et 34.

Une traverse 35 fixée sur ces joues porte les pièces 36 et 37 assurant la fixation des fils 2 et 3. La pièce 37 est en laiton de sorte

que le fil 3 est à la masse, de même que l'une des extrémités du solénoïde de fil fin isolé enroulé autour du tube 32 constituant la bobine mobile 1.

Le tube 32 ainsi que les joues 33 et 34 sont fendus suivant une génératrice pour éviter que des courants de Foucault se développent par suite du déplacement de la bobine par rapport à l'aimant et freinent ce mouvement.

L'autre extrémité du solénoïde est isolée de la masse et elle est reliée à l'extrémité du second fil de suspension 2 arrêté sur la traverse 35 et isolé de celle-ci au moyen de la pièce 36 constituée par de l'os ou tout autre matière isolante.

L'extrémité supérieure du fil 2 est recourbée de manière à former une petite boucle bloquée entre la tige filetée 38 et la pièce 39 coulissant dans un trou carré porté par la douille isolante de fibre 40 fixée sur la traverse 4. La fixation du fil 2 sur cette traverse est assurée au moyen de l'écrou 41 vissé sur la tige filetée 38. Le fil 2 est maintenu tendu grâce au poids de la bobine et l'on voit qu'il est isolé de la traverse 4. Le fil 3 est attaché à cette traverse par un montage semblable, la douille 42 étant en laiton au lieu d'être en fibre, de sorte que le fil 3 est en contact avec la traverse. La longueur du pendule est aisément réglée en vissant ou dévissant les écrous 41 et 43.

La tige 13 sur laquelle est fixé le cliquet est isolée de la traverse 4 grâce à un canon isolant et à deux rondelles isolantes; elle est reliée au fil 2 au moyen du conducteur 44.

Une connexion très souple 45 met en court-circuit la traverse 4 et le support de laiton 5 qui est relié au pôle positif de la pile.

Le pôle négatif de la pile est relié au support 21 du mécanisme de commande des aiguilles.

L'ensemble des connexions électriques est clairement représenté sur la fig. 4 où l'on peut suivre aisément le circuit électrique. On voit que lorsque la partie conductrice du

cliquet 14 vient en contact de la roue à rochets, il y a passage du courant dans le solénoïde 1 et que, par suite, le pendule est sollicité par une force  $F$  due à l'action de l'aimant sur le courant.

Les caractères distinctifs du fonctionnement de l'horloge qui vient d'être décrite résultent des propriétés spéciales du système électromagnétique employé, associé au dispositif de contact électrique qui permet de fermer le circuit à l'instant précis où se produit la résistance due à la transmission du mouvement aux aiguilles et l'interrompt automatiquement dès que l'entraînement est terminé et que, par suite, la force retardatrice s'annule. Le système permet d'obtenir de plus qu'à chaque instant les forces retardatrices agissant sur le pendule soient compensées par la force électromagnétique, de sorte que celui-ci se comporte comme s'il était libre.

A cet effet, le couple moteur produit par la force électromagnétique agissant sur la bobine doit être maximum au moment où le contact est établi, avant le passage du pendule au point d'équilibre, et doit décroître ensuite, de même que le couple résistant auquel est soumis le pendule. Ce couple résistant, en effet, est maximum à l'instant où le cliquet 14 vient agir sur la roue à rochets 15, à cause de l'inertie des organes du mécanisme de commande des aiguilles qui doivent être mis en mouvement et du frottement au départ ainsi que de la force retardatrice produite par le ressort arrêteoir 30 qui est soulevé (fig. 3 et 3bis). Au fur et à mesure que le mouvement se produit le couple résistant décroît parce que les frottements sont plus faibles et que le ressort arrêteoir 30 cesse peu à peu de s'opposer à la rotation de la roue à rochets. Il arrive même un moment où le ressort arrêteoir favorise cette rotation en retombant dans le creux compris entre les dents  $d_1$  et  $d_2$  (fig. 3bis).

La force électromagnétique est proportionnelle à l'intensité du courant traversant la bobine et à la dérivée du flux magnétique que cette bobine embrasse, par rapport

à la variable repérant son déplacement. Or l'intensité varie lorsque le pendule se rapproche de la verticale, car il y a production d'une force électromotrice d'induction égale à la dérivée du flux embrassé par la bobine par rapport au temps.

Cette variation de flux dépend de la longueur de la bobine et de la répartition des lignes de force du champ magnétique créé par l'aimant spécial 10 à pôles conséquents. L'aspect général de ce champ magnétique est représenté sur la fig. 4. Les deux parties aimantées en sens inverses, dont se compose l'aimant utilisé, sont inégales et la bobine est suffisamment longue pour que la variation du flux embrassé par la bobine 1 par rapport au déplacement de cette bobine atteigne une valeur maximum un peu avant le passage du pendule au point mort, se maintienne à cette valeur pendant une partie de la course, et ne décroisse qu'après le passage du pendule à la position verticale.

La vitesse du pendule étant maximum au passage de cette position, la force électromotrice d'induction atteint à cet instant une valeur maximum. Au contraire, l'intensité du courant parcourant la bobine est à cet instant minimum, de même que la force électromagnétique sollicitant la bobine.

On voit ainsi que la force électromagnétique atteint une valeur maximum avant le passage du point d'équilibre et que cette force décroît ensuite au fur et à mesure que la vitesse augmente et devient minimum au passage de la verticale ou de la position d'équilibre.

La position initiale de la roue à rochets 15 est déterminée pour que le contact du cliquet 14 ait lieu avant le passage du pendule à la verticale et se prolonge jusqu'au voisinage de cette position. De plus, la forme du ressort arrêteoir 30 est déterminée expérimentalement pour que le couple résistant s'opposant au mouvement du pendule soit à chaque instant égal au couple moteur dû à l'action du courant sur l'aimant. Pour obtenir pratiquement de bons résultats, il suffit

d'ailleurs de se rapprocher de cette condition, car le pendule tend à prendre un régime pour lequel la valeur moyenne de la force motrice équilibre la valeur moyenne de la force retardatrice.

En effet, si cette première valeur était supérieure à la seconde, les oscillations du pendule tendraient à augmenter.

Dans ces conditions, la vitesse du pendule à l'instant où il passerait par la verticale serait plus grande et, par suite, la force contre-électromotrice d'induction serait plus élevée.

L'intensité du courant diminuerait et conséquemment la force électromagnétique serait plus faible. D'autre part, la valeur de la force retardatrice serait plus grande en raison de l'augmentation de vitesse. Un régime ne tarderait pas à s'établir pour une amplitude très peu supérieure à l'amplitude initiale, avant que se produise la perturbation. L'écart serait également très faible si la force retardatrice augmentait par rapport à la force motrice.

Le système utilisé pour l'entretien du mouvement du pendule permet ainsi d'atteindre une très grande précision malgré les légères variations qui peuvent se produire dans la valeur des frottements ou de la force électromotrice de la pile, tandis que dans les horloges de même type construites jusqu'à ce jour, les conditions théoriques de l'isochronisme ne sont pas respectées par suite de l'influence de l'effort résistant, que l'on n'a pas cherché à rendre égal à chaque instant à l'effort moteur.

La position du pôle intermédiaire nord est déterminée exactement pour que la bobine embrasse ce pôle lorsque l'interrupteur automatique est fermé et que celle-ci est parcourue par l'intensité maximum. On se rend compte que dans ces conditions chaque élément de courant de la bobine situé en face du pôle nord est perpendiculaire aux lignes de force et que, d'autre part, les éléments de courants et les lignes de force sont contenus dans des plans perpendiculaires à l'axe de l'aimant.

Dans ces conditions, les forces électromagnétiques qui résultent de l'action des éléments de courants sur l'aimant atteignent une valeur maximum. De plus, comme ces forces sont perpendiculaires aux plans contenant les éléments de courant et les lignes de force, elles ont toutes pour direction l'axe de la bobine et leur résultante atteint une valeur maximum dans le sens favorable à l'entretien du mouvement pendulaire (fig. 4).

Afin d'utiliser l'énergie de la pile dans les meilleures conditions et d'augmenter le rendement de la transformation d'énergie électrique en énergie mécanique, on utilise un contact prolongé pendant une partie importante de la course du pendule. Dans ces conditions, la force électromagnétique dont on a besoin est très faible, car elle s'exerce sur un déplacement important. On peut par suite employer une bobine de fil très résistant et limiter à une plus faible valeur l'énergie perdue sous forme de chaleur que dans les dispositifs à émissions très brèves de courant.

Pour ce même motif, la conservation du rupteur est difficile à assurer dans le cas d'émissions brèves de courant, car on doit couper des intensités relativement élevées amenant des étincelles de rupture importantes. On remédie à cet inconvénient dans l'horloge décrite en utilisant une intensité plus faible et en coupant le courant à l'instant où la force contre-électromotrice d'induction est la plus grande et où par suite l'intensité est minimum. Cette rupture a lieu au moment où la partie conductrice du cliquet 14 cesse de conduire la roue à rochets 15 (fig. 3). D'autre part, la rupture de courant s'effectue sur une partie de la dent de la roue à rochets différente de celle sur laquelle le contact est établi.

Par ce fait, celles-ci sont nettoyées et le contact se conserve en bon état. Cette dernière particularité permet de ne pas avoir recours à l'emploi, pour le contact, de garnitures en métaux précieux, comme on le fait dans la plupart des horloges électriques.

#### REVENDICATION:

Horloge électromagnétique du genre de celles dans lesquelles un pendule commande et régularise le mouvement des aiguilles, l'entretien des oscillations de ce pendule étant obtenu par l'action d'un courant électrique intermittent parcourant une bobine sur un système d'aimants, horloge caractérisée par la combinaison des organes suivants:

- a) Une bobine parcourue par un courant intermittent, se déplaçant par rapport à un barreau aimanté à pôles conséquents la traversant, constitué par une tige cylindrique recourbée.
- b) Un mécanisme actionnant les aiguilles et provoquant les fermetures et interruptions périodiques de courant, comprenant un cliquet solidaire du pendule et une roue à rochets, la roue à rochets étant constituée en métal conducteur de l'électricité et reliée à l'une des extrémités d'un circuit électrique comprenant une pile et la bobine mobile, et le cliquet constitué par une lame également conductrice reliée à l'autre extrémité du circuit électrique, et portant une plaque de fibre frottant sur la roue à rochets au moment du retour du cliquet, la roue à rochets actionnant les aiguilles au moyen d'une double démultiplication par vis sans fin et de roues dentées de très faibles diamètres afin que l'inertie des organes entrant en mouvement soit minimum.
- c) Une masse du pendule uniquement constituée par la bobine mobile assemblée avec une pièce rigide transversale qui est attachée au moyen de deux fils métalliques de suspension à une pièce rigide transversale fixée à un organe de suspension, ces fils de suspension de la bobine étant utilisés comme conducteurs électriques assurant les connexions de ladite bobine.
- d) Des attaches des fils de suspension de la bobine établies afin d'isoler les fils et de faciliter le réglage de leur longueur, le tout disposé de façon qu'un contact de

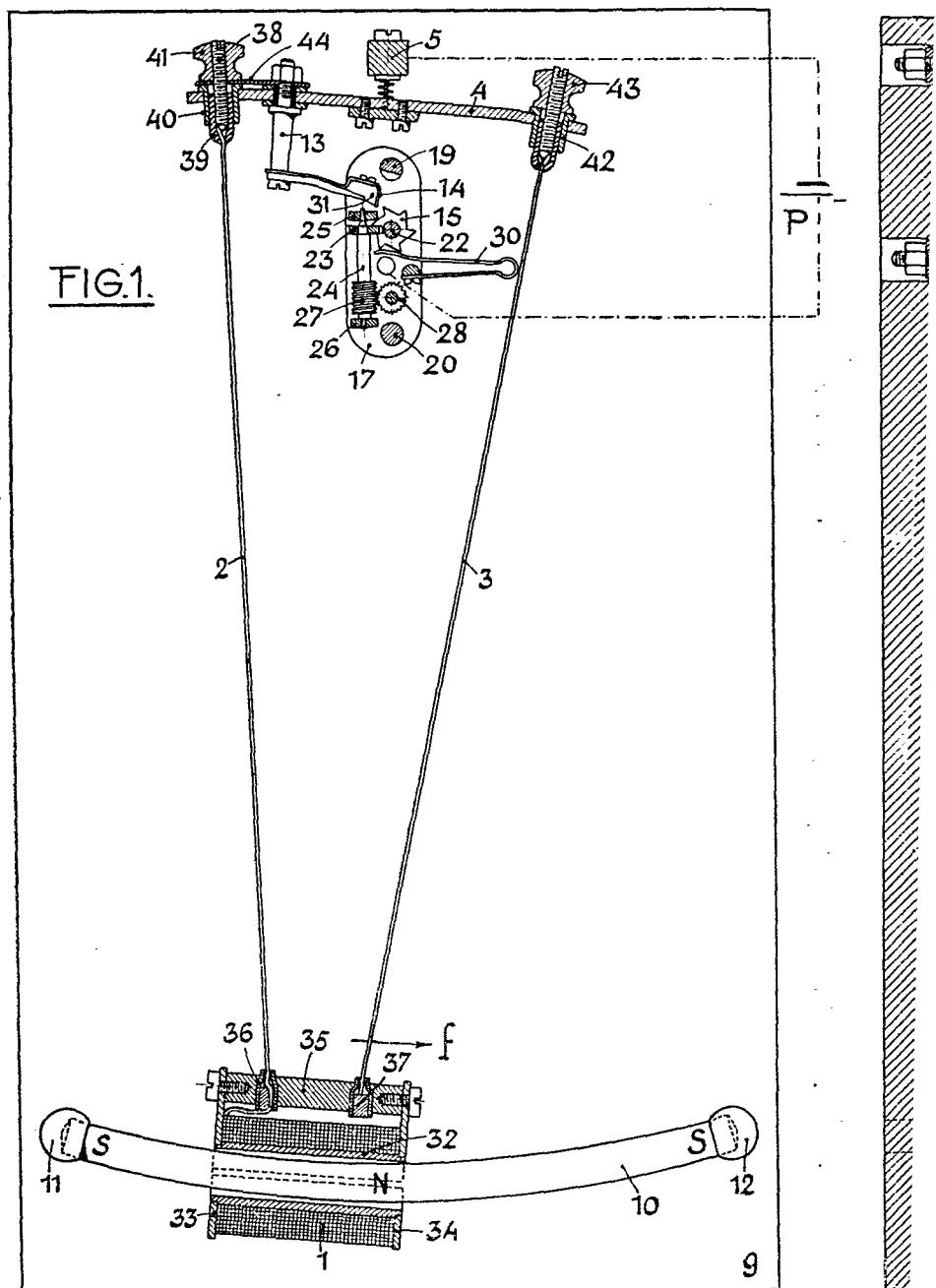
longue durée se produisant avant le passage du pendule dans la position verticale et se prolongeant jusqu'au voisinage de cette position, dans le but de réduire l'intensité moyenne du courant nécessaire et de couper cette intensité au moment où elle est minimum par suite de l'effet de la force contre-électromotrice d'induction, laquelle est maximum en même temps que la vitesse de déplacement de la bobine.

**SOUS-REVENDICATION:**

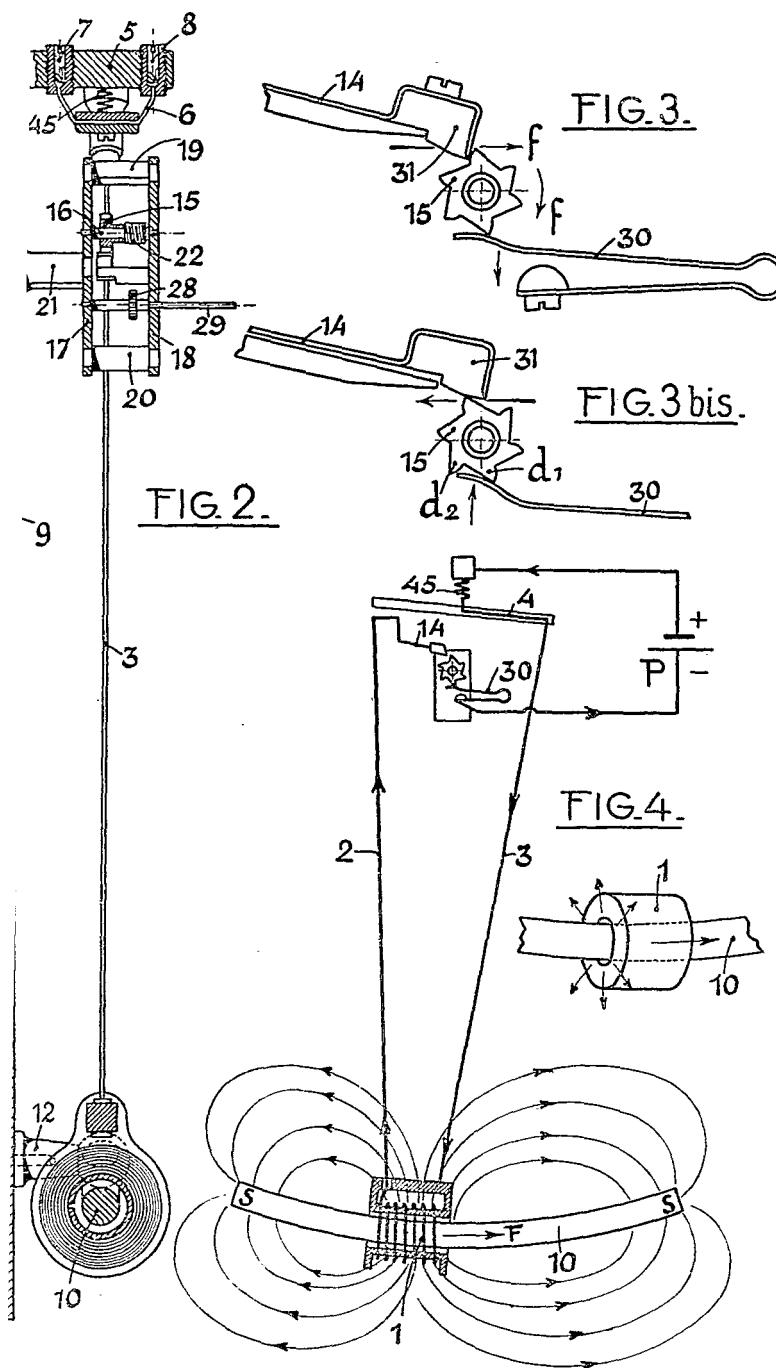
Horloge électromagnétique suivant la revendication et établie comme décrit en regard du dessin annexé.

Madame Vve Berthe Marie Marguerite MOULIN née Chenard.  
Maurice Philippe FAVRE-BULLE.  
Mandataire: W. KOELLIKER, Bienne.

*Madame Vve Berthe Marie Marguerite Moulin  
née Chenard et  
Maurice Philippe Favre-Bulle*

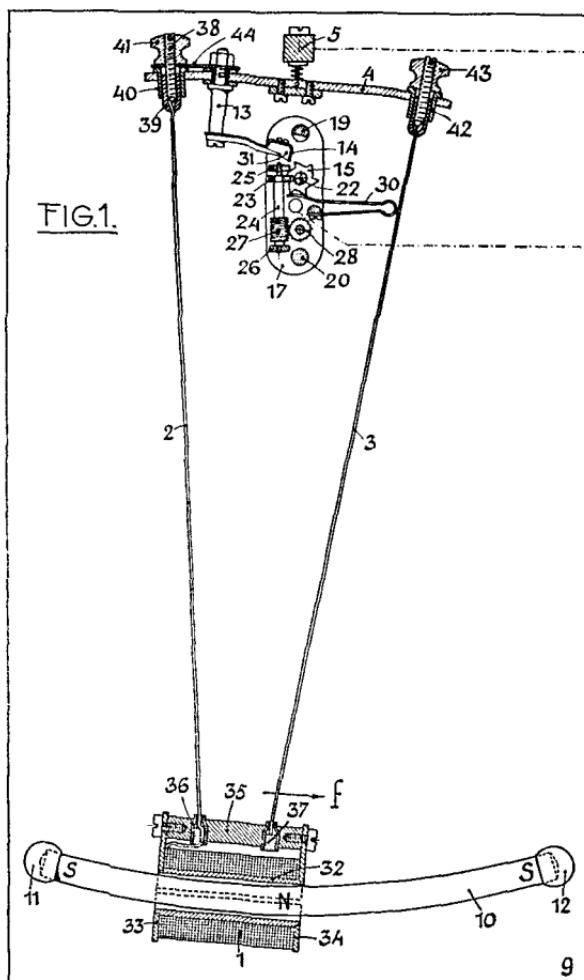


Brevet N° 90346  
1 feuille



*Madame Vve Berthe Marie Marguerite Moutin  
née Chenard et  
Maurice Philippe Favre-Bulle*

FIG.1.



Brevet N° 90346

I feuille

