

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :  
(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 480 444**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 80 08409**

(54) Sismomètre.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). G 01 V 1/18; G 01 P 15/11; G 01 V 13/00; G 21 C 17/00.

(22) Date de dépôt ..... 15 avril 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 42 du 16-10-1981.

(71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, résidant en France.

(72) Invention de : Ghislain Ciaque et André Meesters.

(73) Titulaire : *idem* (71)

(74) Mandataire : Brevatome,  
25, rue de Ponthieu, 75008 Paris.

La présente invention concerne un sismomètre.

On sait que les sismomètres mesurent les ébranlements du sol provoqués par des causes naturelles telles que les tremblements de terre, ou artificielles, 5 telles que les explosions. Un sismomètre moderne se compose d'un capteur de déplacements du sol, qui utilise le plus souvent l'inertie d'un pendule, d'un transducteur qui transforme en une force électromotrice le déplacement ou la vitesse du déplacement du pendule, 10 et d'un amplificateur électronique de cette force électro-motrice.

On connaît différents sismomètres de fabrication française et étrangère. Ces appareils peuvent être répartis schématiquement en deux catégories.

15 Les uns, très performants sur le plan de la sensibilité, possèdent une fréquence propre qui est voisine de 1 hertz. Ils sont généralement étalonables et testables à distance. Cependant, leur conception mécanique ne leur permet pas de mesurer des accélérations importantes de l'ordre de 0,2g à 0,5 Hertz. 20 En effet, de telles accélérations se traduisent par des déplacements relatifs bobine-aimant trop importants pour ces appareils.

D'autres sismomètres, moins sensibles, 25 possèdent une fréquence propre qui est en général égale ou supérieure à 1 Hertz. Ces sismomètres peuvent mesurer des déplacements importants. Ils ne possèdent généralement pas de bobine de calibration, ni de possibilités d'ajuster finement la fréquence propre. 30 Ils ne sont en général pas équipés d'électronique interne.

Le sismomètre selon la présente invention réunit les avantages des deux types d'appareils précédemment décrits. Il possède une grande sensibilité

tout en permettant de mesurer des accélérations importantes.

En raison de ces caractéristiques, ce sismomètre trouve une application particulièrement avantageuse dans la sécurité d'un réacteur nucléaire en cas de séisme. En effet, pour une telle application, il est avantageux que le sismomètre soit capable de mesurer des accélérations comprises entre 0,01g et 0,2g dans une gamme de fréquences comprises entre 0,5 et 30 Hertz. Il est nécessaire de disposer d'une voie de mesure verticale et de deux voies de mesures horizontales. On réalise ainsi un ensemble de trois capteurs permettant de mesurer l'intensité du séisme suivant les trois axes.

Un ensemble de trois voies de mesure électronique est installé à environ 250 m des capteurs. Un câble de grande longueur transmet le signal délivré par les capteurs à l'ensemble de mesure électronique.

Plus précisément, le sismomètre selon l'invention comporte :

- un aimant permanent solidaire d'une plaque support ;
- une lame mince flexible encastrée à l'une de ses extrémités dans un support lui-même solidaire de ladite plaque support et portant à l'autre extrémité une bobine mobile librement dans l'entrefer de l'aimant permanent ;
- un amplificateur électronique de la force électromotrice induite dans la bobine par un déplacement de celle-ci dans l'entrefer de l'aimant.

De préférence, le profil de ladite lame mince flexible présente un renflement dans la partie qui se trouve au niveau du ventre correspondant au premier mode de vibration partielle. On sait en effet que dans le cas d'une lame vibrante, il existe d'autres

modes de vibration que le mode fondamental. C'est pourquoi, afin de reporter le premier mode partiel à une fréquence plus élevée, la lame a été épaissie au niveau du ventre qui se trouve au voisinage de  
5 l'extrémité de la lame pour ce premier mode partiel.

De préférence, la lame flexible porte en outre à son extrémité libre une masse additionnelle équilibrant le poids de la bobine de telle sorte que le centre de gravité de l'équipage mobile ainsi  
10 constitué se trouve dans l'axe du profil de la lame flexible. Cette disposition permet de diminuer la sensibilité du sismomètre aux efforts transverses.

Afin de permettre le réglage fin de la fréquence propre du sismomètre selon l'invention,  
15 le support de la lame flexible comporte des moyens pour régler la longueur de celle-ci.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux après la description qui suit d'exemples de réalisation donnés à titre  
20 explicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement un sismomètre vertical selon l'invention,
- la figure 2 représente schématiquement un sismomètre horizontal selon l'invention,
- la figure 3 représente une vue de détail du sismomètre représenté sur la figure 1,
- la figure 4 représente une vue de détail montrant en particulier le dispositif de blocage  
25 de l'équipage mobile,
- la figure 5 représente une vue en coupe selon la ligne A-A de la figure 4,
- la figure 6 représente une vue de dessus d'un sismomètre vertical selon l'invention, et  
30
- la figure 7 représente schématiquement les moyens d'amplification situés à la sortie du sismomètre.

On a représenté sur les figures 1 et 2, deux variantes de réalisation d'un sismomètre selon l'invention. La figure 1 représente un sismomètre destiné à mesurer la composante verticale d'un ébranlement du sol, tandis que le sismomètre représenté sur la figure 2 est destiné à mesurer une composante horizontale de cet ébranlement. En effet, comme on le sait, les capteurs modernes possèdent un seul degré de liberté et enregistrent la composante du mouvement du sol suivant une seule direction. Pour obtenir un enregistrement complet, il faut donc disposer d'un capteur pour la composante verticale, et de deux capteurs pour deux composantes horizontales perpendiculaires par exemple, nord-sud et est-ouest.

Sur ces figures, on a désigné par la référence 2 la plaque support, par la référence 4 l'aimant permanent et par la référence 6 la lame flexible. Cette lame flexible est encastrée à l'une de ses extrémités dans un support 8 lui-même solidaire de la plaque support 2. La lame flexible 6 porte à son autre extrémité une bobine 10 mobile librement dans l'entrefer 12 de l'aimant 4. Une masse additionnelle 14 équilibre le poids de la bobine 10 de manière à ce que le centre de gravité de l'équipage mobile ainsi constitué se trouve dans l'axe du profil de la lame flexible 6.

Le principe de fonctionnement est le même pour les deux appareils. En particulier, l'équipage mobile est identique. Seuls quelques détails de réalisation distinguent ces deux appareils. On remarque que la plaque support 2 du sismomètre vertical est horizontale, tandis que celle du sismomètre horizontal est verticale. Une autre différence concerne le dispositif de blocage de l'équipage mobile, dispositif utilisé pendant les transports. Pour le sismomètre

vertical, le dispositif de blocage peut être actionné de l'extérieur de l'appareil. Par contre, dans le cas du sismomètre horizontal, il est nécessaire d'ouvrir l'appareil pour y accéder.

5 L'ensemble constitué par la plaque support 2, par l'aimant 4, par l'équipage mobile et par le support 8 est logé à l'intérieur d'un boîtier en alliage léger 18 obtenu par fonderie. Le boîtier 18 est entièrement étanche et permet un fonctionnement 10 du sismomètre en extérieur par tous temps. Le boîtier 18 se compose d'une platine 20 et d'une cloche 22 fixée sur la platine par huit boulons 24. La jonction entre la platine 20 et la cloche 22 est rendue étanche par un joint torique 26. Sur la platine 20, on trouve 15 encore le connecteur de sortie étanche 28, le dispositif de commande du système de blocage de l'équipage mobile 30, et enfin un bouchon de décompression (non représenté).

La cloche 22 est munie d'une poignée 32 20 pour le transport de l'appareil.

La figure 3 représente une vue de détail du sismomètre vertical représenté sur la figure 1. On reconnaît la plaque support 2, l'aimant 4, la lame flexible 6 encastrée dans le support 8 à l'une 25 de ses extrémités et portant à l'autre extrémité une bobine 10 équilibrée par une masse additionnelle 14. La lame vibrante 6 est réalisée en "Chrysocal". Elle a une longueur de 10 cm, une largeur de 1 cm. Son extrémité 6a possède une épaisseur de 1 mm, tandis 30 que celle de l'extrémité 6b n'est que de 0,5 mm. En effet, cette lame a été étudiée pour vibrer selon son mode fondamental à 5 Hertz, lorsqu'elle est chargée en bout par la bobine de mesure 10 et par la masse additionnelle 14. On sait en effet que dans le cas 35 de lames vibrantes, il existe d'autres modes de vibration

que le mode fondamental, les modes partiels qui résonnent à des fréquences supérieures à celles du mode fondamental. Si la lame vibrante 6 possédait une épaisseur constante, ce premier mode partiel serait d'environ 31 Hertz.

5 Afin de reporter celui-ci à une fréquence plus élevée, la lame 6 a été épaissie au niveau du ventre qui se trouve au voisinage de l'extrémité de la lame pour ce mode. Cette épaisseur a été portée à 1 mm, ce qui permet, avec un mode fondamental de fréquence 10 5 Hertz, de reporter la fréquence du premier mode partiel à une valeur supérieure à 70 Hertz.

D'autre part, le coefficient de surtension obtenu sur ce premier mode partiel a été très fortement diminué en assurant un amortissement électrodynamique 15 à vide par circulation de courant de Foucault dans le mandrin 34 de la bobine 10 réalisé en aluminium. Trois lumières pratiquées dans le mandrin 34 permettent, en ajustant la résistance ohmique de ce dernier, de régler à une valeur 0,5 le coefficient d'amortissement 20 à vide du pendule équivalent.

La bobine 10 comporte 2000 tours en fil de cuivre de 56 centièmes de millimètre de diamètre. Ce fil est bobiné sur le mandrin en aluminium 34 qui est lui-même fixé à un support en Plexiglass. 25 36. La bobine 10 est rendue solidaire de la lame vibrante 6 par l'intermédiaire de deux rondelles 38 et 40 fixées par la tige filetée 42. La bobine 10 comporte encore un enroulement secondaire de deux cents tours permettant d'étalonner le capteur. La 30 masse additionnelle 14 qui est également fixée à la bobine 10 et aux rondelles 38 et 40 à l'aide de la tige filetée 42 permet d'obtenir une fréquence propre de 5 Hertz avec la lame précédemment définie. Elle permet également de situer le centre de gravité 35 de l'ensemble mobile dans le plan de la lame 6, donc

de diminuer la sensibilité aux efforts transversaux. Enfin, la masse additionnelle 14 peut être bloquée par des pinces qui permettent l'immobilisation de l'équipage mobile pendant le transport du sismomètre.

5 La fréquence propre du sismomètre selon l'invention peut être réglée avec précision. On fait varier cette fréquence propre en réglant la longueur de la lame flexible 6. A cet effet, la lame flexible 6 est serrée à son extrémité sur le support 8 par une plaquette 44 fixée par des vis 45. La pièce 46, 10 mobile en translation, coulisse sur deux broches 48 parallèles à l'axe de la lame flexible 6. Une vis micrométrique 50 montée à l'une de ses extrémités sur un roulement à billes 51 permet de régler avec 15 précision la position de la pièce mobile 46. Une plaquette 52 serrée par des vis 54 réalise un encastrement de la lame flexible 6 sur la pièce 46. Un contre-écrou 56 permet de bloquer la vis 50 en rotation. Deux vis 58 bloquent la pièce 46 sur chacun 20 des arbres 48.

L'aimant 4 est fixé sur la plaque support 2 par une vis 59 ; il est par conséquent solidaire du sol. C'est un aimant cylindrique en "Ticonal", possédant deux armatures 60 et un noyau 62 qui définit 25 un champ magnétique radial et uniforme dans un entrefer cylindrique 12 de 4 mm de largeur.

Le sismomètre selon l'invention comporte un dispositif de blocage de l'équipage mobile. Ce dispositif de blocage est plus particulièrement visible 30 sur la figure 4. Il est constitué de deux mâchoires 64 pivotant autour d'un axe d'articulation 66 fixé sur un support d'articulation 68, lui-même solidaire de la plaque support 2. L'écarteur 70 est solidaire d'un premier axe 72. Cet axe 72 peut être entraîné

de l'extérieur de l'appareil par l'intermédiaire d'un deuxième axe perpendiculaire au premier, ce deuxième axe étant actionné au moyen d'un levier extérieur, le mouvement étant transmis du premier 5 axe au deuxième axe par l'intermédiaire d'un couple conique (non représenté). L'écarteur 70 est représenté en position de déblocage du dispositif. En traits pointillés, on a représenté la position de ce même écarteur désigné par la référence 70a, en position 10 de blocage. Sous l'écarteur se trouve une came 74 qui définit la position de l'écarteur. Cette came comporte une encoche 75 à l'intérieur de laquelle 15 s'engage une bille 76 contrainte par un ressort 78.

La figure 5 représente une vue en coupe 20 selon la ligne A-A de la figure 4. Cette figure montre en particulier le dispositif de réglage de la fréquence propre de la lame flexible. La pièce 46 mobile en translation, représentée ici de face, coulisse sur les deux broches 48. La vis micrométrique 50 représentée en coupe permet de régler avec précision la position de la pièce mobile 46. On remarque également 25 les deux vis 58 qui bloquent la pièce 46 sur chacun des arbres 48. La plaquette 52 serrée par des vis 54 permet de réaliser un encastrement de la lame flexible 6 sur la pièce 46.

On a également représenté sur cette figure 30 5, en traits pointillés, la masse additionnelle 14 et les deux mâchoires 64 qui permettent de l'immobiliser pendant le transport de l'appareil.

La figure 6 représente une vue de dessus 35 d'un sismomètre vertical selon l'invention. Cette figure montre la pièce 64 articulée en son milieu autour d'un axe 66. On remarque la forme des mâchoires 65 aptes à serrer bien fort la masse additionnelle 14. Le ressort 78 tend à rapprocher les deuxièmes extrémités 67 des pièces 64. L'écarteur 70 est représenté en position de déblocage des mâchoires 65.

Lorsqu'on fait pivoter, au moyen d'une commande extérieure l'écarteur 70 de 90°, ce dernier agissant à l'encontre de la force du ressort 78 écarte l'une de l'autre lesdites deuxièmes extrémités 67 des pièces 5 54, ce qui a pour effet de rapprocher les mâchoires 65, et par conséquent de bloquer l'équipage mobile porté par la lame flexible 6.

La cloche 22, représentée en coupe, comporte deux hublots. Le premier, situé sur la partie supérieure 10 horizontale, permet de voir l'ensemble de l'équipage mobile ainsi que le dispositif à bulles 82 d'indication de niveau, qui permet de vérifier la position horizontale du sismomètre. Ce premier hublot n'est pas représenté sur la figure 6. La cloche 22 comporte un deuxième 15 hublot, désigné sur la figure 6 par la référence 84. Le hublot 84, situé sur la partie latérale de la cloche permet de vérifier de façon précise le bon positionnement de la bobine de mesure 10 dans l'entrefer 12 de l'aimant 4. Les deux hublots sont 20 plaqués à la cloche 22 par l'intermédiaire de deux anneaux vissés qui compriment un joint torique. La cloche 22 possède également sur sa partie supérieure une poignée de transport escamotable 86.

En référence à la figure 7, on a représenté 25 schématiquement les moyens d'amplification situés à la sortie du sismomètre conforme à l'invention. Ces moyens d'amplification comprennent un adaptateur d'impédance 90 relié à la bobine mobile 10 représentée schématiquement sur la figure. Un circuit correcteur 30 91 est connecté en sortie de l'adaptateur 90, pour corriger l'amplitude et la phase de la fonction de transfert de l'ensemble formé par l'adaptateur d'impédance 90 et le pendule. Ce circuit correcteur permet d'abaisser la fréquence propre du pendule équivalent,

de manière à faciliter les mesures des signaux basse fréquence , au moyen d'appareils de mesure classiques.

Enfin, les moyens d'amplification comprennent un préamplificateur 92 dont la sortie 93 fournit des signaux représentatifs de la force électro-motrice induite dans la bobine ; cette force électro-motrice est proportionnelle à la vitesse de déplacement de la bobine.

Le capteur selon l'invention peut être utilisé, en raison de ses caractéristiques particulièrement avantageuses, à la sécurité d'un réacteur nucléaire. Dans ce cas, le signal de haut niveau qu'il délivre est transmis, par l'intermédiaire d'un câble de grande longueur, à une électronique centralisée de traitement du signal.

REVENDICATIONS

1. Sismomètre caractérisé en ce qu'il comprend :

- un aimant permanent (4) solidaire d'une plaque support (2) ;
- 5 - une lame mince flexible (6) encastrée à l'une de ses extrémités dans un support (8) lui-même solidaire de la plaque support (2) et portant à l'autre extrémité une bobine (10) librement mobile dans l'entrefer de l'aimant permanent (4) ;
- 10 - des moyens (92) d'amplification de la force électromotrice induite dans la bobine par un déplacement de celle-ci dans l'entrefer de l'aimant.

2. Sismomètre selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite lame flexible (6) porte en outre à son extrémité libre une masse additionnelle (14) équilibrant le poids de la bobine (10), de telle sorte que le centre de gravité de l'équipage mobile ainsi constitué se trouve dans l'axe du profil de la lame flexible (6).

20 3. Sismomètre selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le profil (6) de ladite lame mince flexible présente un renflement dans la partie qui se trouve au niveau du ventre correspondant au premier mode de vibration partiel.

25 4. Sismomètre selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le support de la lame flexible (6) comporte des moyens pour régler la longueur de cette dernière.

30 5. Sismomètre selon la revendication 4, caractérisé en ce que lesdits moyens pour régler la longueur de ladite lame flexible (6) sont constitués par de premiers moyens (44, 45) solidaires du support (8), pour pincer la lame, et par de seconds moyens

(46, 52) mobiles en translation pour pincer la lame  
(6) en un point variable de son profil, lesdits seconds moyens pouvant de plus être bloqués en ce point.

6. Sismomètre selon la revendication 5,  
5 caractérisé en ce que lesdits premiers moyens (44, 45) pour pincer la lame sont constitués par le support (8) lui-même et par une plaquette (44) serrant, au moyen de vis (45), la lame (6) sur le support (8), lesdits seconds moyens (46, 52) mobiles en translation 10 étant constitués par une pièce mobile en translation (46), coulissant sur deux broches (48) parallèles à l'axe de la lame flexible (6) et mue dans les deux sens par un système de vis-écrou (50), un contre-écrou (56) assurant le blocage de ladite vis (50) en rotation, tandis que des vis (58) permettent de 15 bloquer ladite pièce mobile (46) sur les broches (48), en un point quelconque.

7. Sismomètre selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un dispositif de blocage de l'équipage mobile, 20 ce dispositif étant constitué par deux pièces (64) articulées approximativement en leur milieu autour d'un axe (66), les premières extrémités desdites pièces (64) formant des mâchoires (65), aptes à serrer la masse additionnelle (14) solidaire de la lame flexible (6), les deuxièmes extrémités (67) étant sollicitées à se rapprocher sous l'action d'un ressort (78) situé entre lesdites deuxièmes extrémités (67), les mâchoires (65) s'écartant lorsque les deuxièmes extrémités s'écartent sous l'action d'un écarteur 25 (70), lui aussi situé entre lesdites deuxièmes extrémités (67).

8. Sismomètre selon la revendication 7,  
caractérisé en ce que ledit écarteur (70) solidaire 30 d'un premier axe (72) qui peut être actionné de l'extérieur par un levier entraînant en rotation un deuxième

axe, qui lui-même entraîne en rotation ledit premier axe par un couple conique, la position de l'écarteur (70) étant définie par une came contrainte par un ressort.

5       9. Sismomètre selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'ensemble constitué par la plaque support (2), l'aimant permanent (4), le support (8) de la lame flexible (6), l'équipage mobile et l'amplificateur électronique est logé à l'intérieur d'un boîtier étanche, ledit boîtier étant constitué par une platine (20) sur laquelle on trouve un connecteur de sortie étanche (28), un bouchon de décompression, et par une cloche (22), fixée par des boulons sur la platine, une liaison étanche entre la platine (20) et la cloche (22) étant assurée par un joint torique.

10      10. Sismomètre selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la bobine (10) est enroulée sur un cylindre d'aluminium (34) dans lequel sont pratiquées des lumières permettant, en ajustant la résistance ohmique dudit cylindre, de régler le coefficient d'amortissement à vide du pendule équivalent.

15      11. Sismomètre selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'aimant permanent (4), réalisé en ticonal, possède deux armatures (60) et un noyau (62) et en ce qu'il définit un champ magnétique radial et uniforme dans un entrefer (12) cylindrique de 4 mm de largeur.

20      12. Sismomètre selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que la bobine (10) possède un enroulement secondaire permettant d'étalonner le sismomètre.

25      13. Sismomètre selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens d'amplification comprennent un adaptateur d'impédance (90) relié à la bobine mobile (10), un circuit correcteur (91),

connecté en sortie de l'adaptateur (90) pour corriger  
l'amplitude et la phase de la fonction de transfert  
de l'ensemble formé par l'adaptateur d'impédance  
(90) et le pendule, de manière à abaisser la fréquence  
5 propre de ce pendule et un préamplificateur (92)  
dont une sortie fournit des signaux représentatifs  
de la force électro-motrice induite dans la bobine  
(10), cette force électro-motrice étant proportionnelle  
à la vitesse de déplacement de la bobine (10).

1 / 4

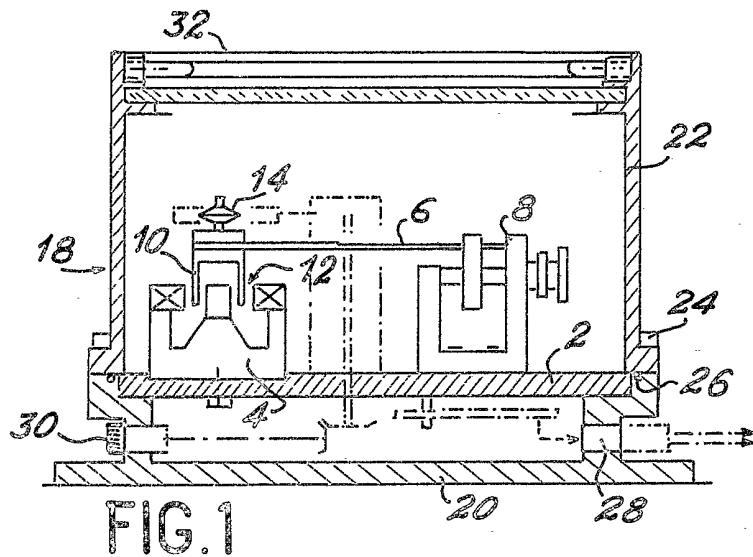
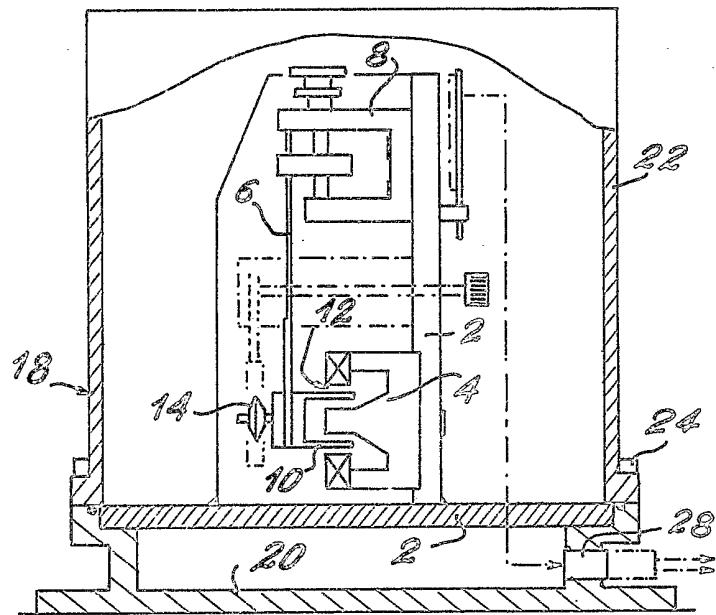
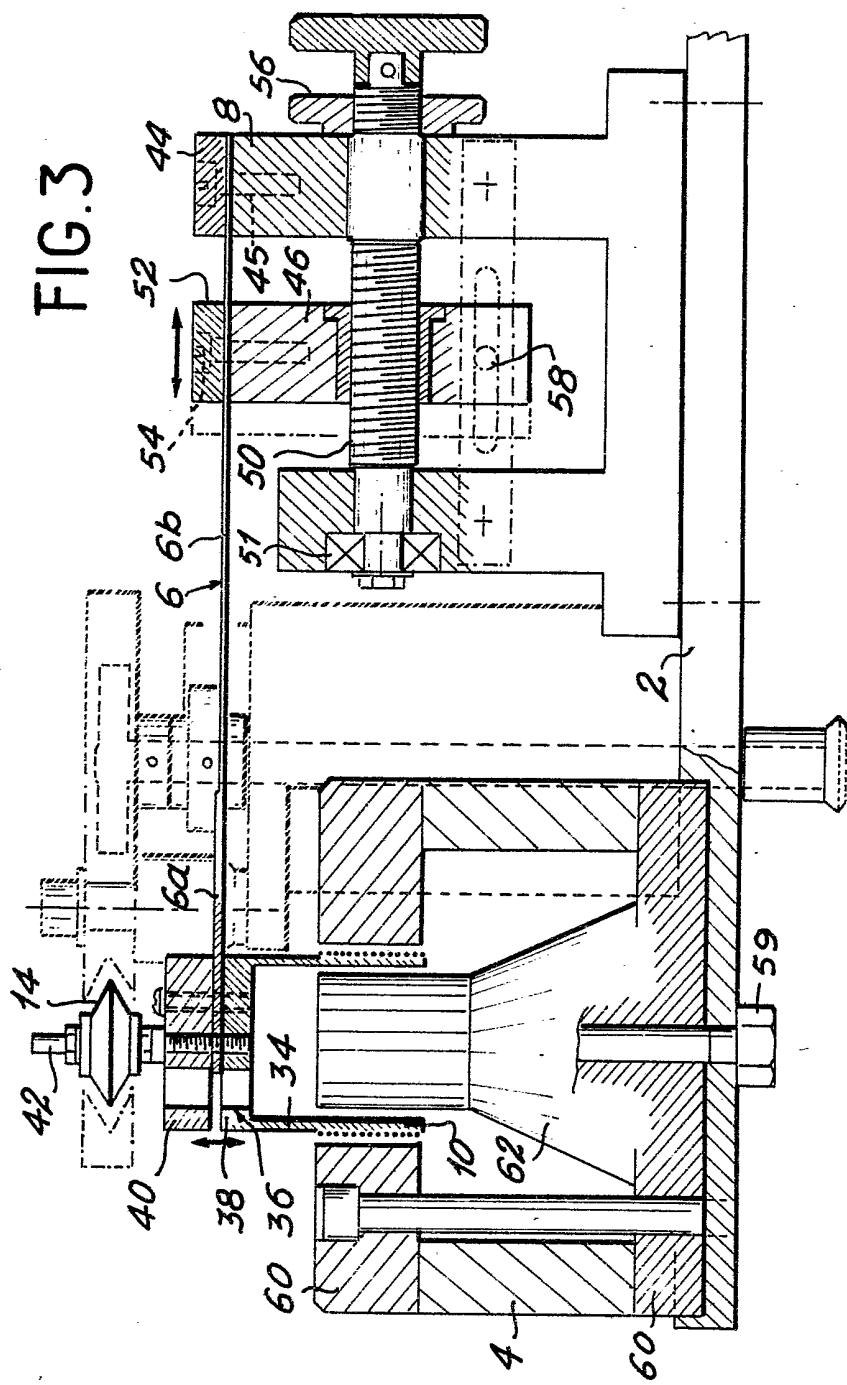


FIG. 2



2 / 4

FIG. 3



5 / 4

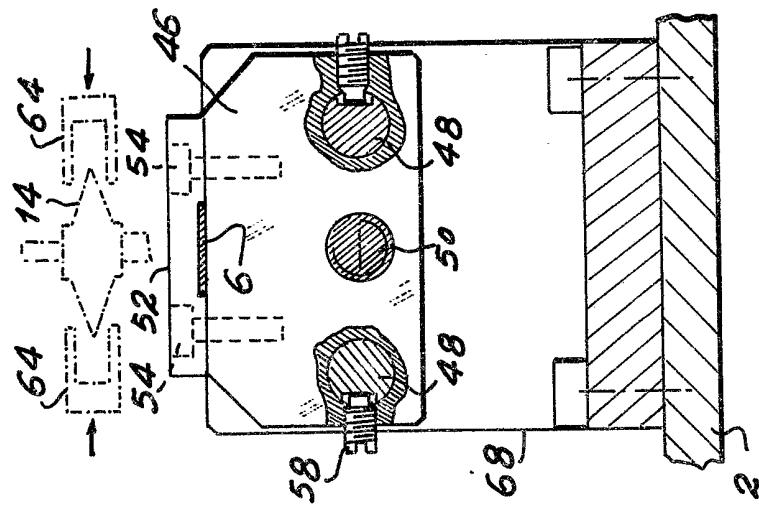


FIG. 5

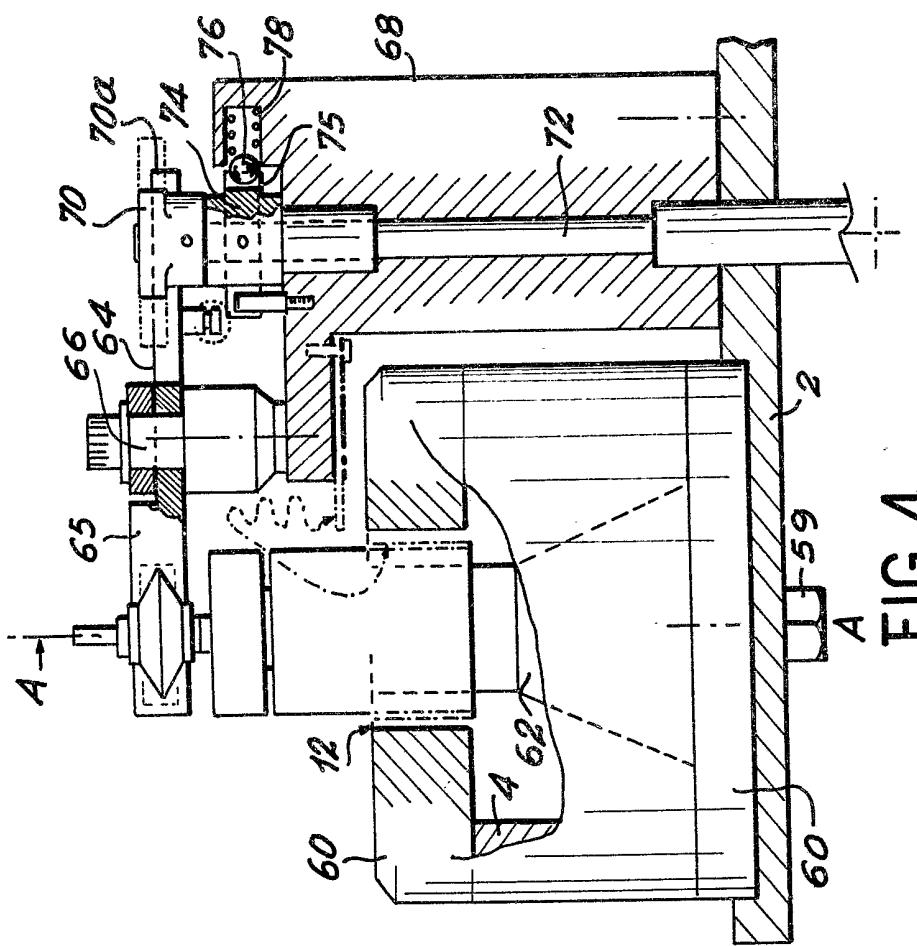


FIG. 4

4 / 4

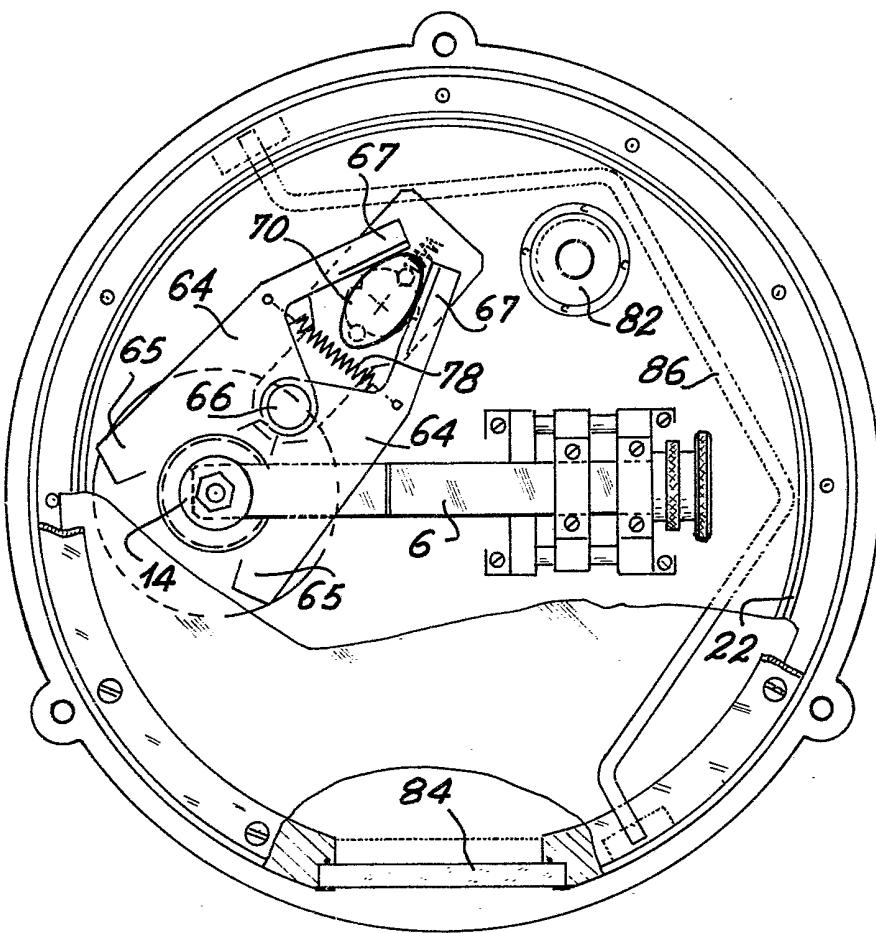


FIG. 6

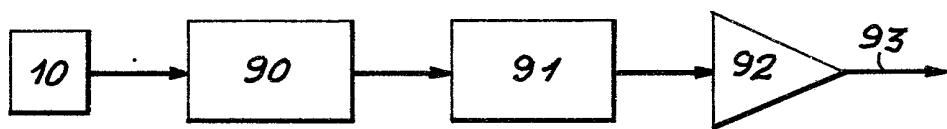


FIG. 7