

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 543 686

②① N° d'enregistrement national :

84 04994

⑤① Int Cl³ : G 01 N 27/90, 37/00.

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 30 mars 1984.

③① Priorité : US, 1^{er} avril 1983, n° 481.138.

④③ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 40 du 5 octobre 1984.

⑥① Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦① Demandeur(s) : *GENERAL ELECTRIC COMPANY. — US.*

⑦② Inventeur(s) : Dominick Anthony Casarcia.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : Alain Catherine.

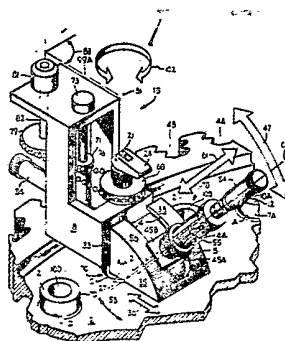
⑤④ Dispositif de support pour sonde à courants de Foucault.

⑤⑦ Dispositif de support pour sonde à courants de Foucault
permettant de placer la sonde en une position prédéterminée
par rapport à une surface à analyser.

Il comporte :

a. Un support 18 pour placer la sonde à courant de Fou-
cault 56 dans une position prédéterminée par rapport à un axe
31; et

b. Un moyen de rotation 73 pour faire tourner la sonde à
courants de Foucault 56 autour de l'axe 31 à vitesse pratique-
ment constante.



FR 2 543 686 - A1

D

La présente invention concerne un support pour sonde à courants de Foucault et, plus particulièrement, un support qui supporte la sonde à une distance déterminée d'une surface à analyser.

5 On utilise les sondes à courants de Foucault pour analyser la surface d'un matériau pour en localiser les défauts. Il existe un problème de distinction des défauts de simples irrégularités de la surface. Par exemple, une irrégularité peut apparaître comme une petite bosse qui provient
10 du meulage d'une perle d'un cordon de soudure et, toutefois ne pas être considérée comme un défaut. Cependant, la bosse a tendance à masquer les signaux de courants de Foucault produits par un défaut se trouvant à proximité.

En outre, si la sonde à courants de Foucault ana-
15 lyse la surface jusqu'à la bosse et ensuite, soit rebondit accidentellement de la surface à cause d'un choc avec la bosse, soit est soulevée intentionnellement pour "sauter l'obstacle", le rebondissement et le soulèvement en eux-mêmes produisent des signaux de soulèvement qui ont tendance à
20 masquer les signaux produits par les défauts.

De même, des signaux de soulèvement ont lieu, quand on entreprend d'analyser un congé de raccordement sur un bossage d'un rotor de moteur à turbine à gaz, lorsque la sonde à courants de Foucault atteint une irrégularité de
25 surface provoquée non par une perle de soudure mais par une

- 2 -

bosse laissée par la ligne de partage d'un moule utilisé pour former le bossage dans un procédé d'usinage électrochimique.

La présente invention a pour buts de réaliser :

5 - une méthode perfectionnée d'analyse par courants de Foucault ;

 - un nouvel analyseur par courants de Foucault perfectionné qui diminue les effets des irrégularités contenues par la surface à analyser ;

10 - un nouvel analyseur par courants de Foucault perfectionné pour examiner les défauts situés près des irrégularités de surface ; et

 - un nouvel analyseur par courants de Foucault perfectionné pour examiner les congés de raccordement des
15 rotors de moteur à turbine à gaz.

 Selon un mode de réalisation de l'invention, on fait tourner une sonde à courants de Foucault le long d'un arc, autour d'un axe pour analyser un objet. La sonde est maintenue dans une position prédéterminée par rapport à
20 l'axe et tourne autour de lui à vitesse constante.

 La description qui va suivre se réfère aux figures annexées qui représentent, respectivement :

 - figure 1, un mode de réalisation de l'invention ;
 - figures 2A-C, un système de poulies compris dans
25 le mode de réalisation de la figure 1 ;

 - figure 3, un schéma du fonctionnement du système de poulies des figures 2 A-C ; et

 figures 4 A-C, l'analyse par une sonde à courants de Foucault d'une protubérance.

30 La figure 1 représente la partie d'un rotor 2 de moteur à turbine à gaz qui contient des fentes en queue d'aronde 4A-B dans lesquelles on insère des aubes de turbine (non représentées). Le rotor 2 comporte aussi des bossages 7A-D. les bossages 7A-D comprennent des trous de boulon
35 10A-D pour recevoir des boulons qui permettent le montage

d'autres composants du moteur sur le rotor. Les bossages 7A-D ont des surfaces supérieures 12 planes et des congés de raccordement courbes 11A-D dans les zones où ces bossages 7A-D sont fixés au rotor 2.

5 Un dispositif 15 placé au-dessus du bossage 7C représente un mode de réalisation de l'invention. Un support 18 comprend un axe cylindrique 21 que l'on insère dans le trou de boulon 10C. L'insertion de l'axe 21 place le support 18 contre la surface supérieure 12. L'axe 21 est bloqué dans
10 le trou 10C par l'action d'un levier à came 24 fixé sur le dessus de l'axe 21 et d'une came conique 27 fixée au bas de l'axe. Le levier 24 tire l'axe 21 vers le haut pour amener la came 27 contre les parois du trou 10C pour empêcher la rotation de l'axe 21 en le bloquant dans le trou 10 C. L'axe
15 21 est utilisé comme un arbre autour duquel le dispositif 15 peut tourner, comme on le décrira ci-après. Ainsi, l'axe 21 réalise-t-il un axe de rotation 31 et cet axe 31 est de préférence l'axe principal dans le cas où l'axe 21 est cylindrique.

20 Un bras 33 est fixé au support 18 et supporte un dispositif de fixation 35. Le bras 33 peut se déplacer dans le sens des flèches 36 par action d'un bouton 34 qui est relié au bras 33 par une tige filetée (non représentée). On peut bloquer le bras 33 en une position donnée par des mo-
25 yens non représentés, c'est-à-dire que le bras 33 et le dispositif de fixation 35 peuvent se déplacer dans le sens radial 36 par rapport à l'axe 21.

 Le dispositif de fixation 35 comporte une surface courbe 38 comprenant une fente incurvée 41 qui supporte un
30 cylindre creux 44 glissant le long de la fente incurvée 41 dans le sens des flèches 47. Le cylindre 44 est contraint de demeurer perpendicualire à la surface courbe 38. Un écrou moleté 45A coopère avec une rondelle 45B pour serrer la rondelle 45B contre un écrou en T (non représenté) sur lequel
35 l'écrou moleté 45A est vissé. Ce serrage coince les bords de

la fente incurvée 41 entre la rondelle 45B et l'écrou en T bloquant ainsi le cylindre 44 en une position déterminée le long de la fente 41. Ainsi, le cylindre 44 peut être placé suivant un angle prédéterminé 53 par rapport à l'axe de rotation 31.

Un mécanisme d'avance micrométrique 54, connu de la technique, est fixé à l'extrémité du cylindre 44 et fait avancer une tige 55 le long du cylindre 44. Une sonde à courants de Foucault est ajustée à l'intérieur du cylindre creux 44 en contact avec la tige 55 et l'axe 63 de la sonde, de préférence, coïncide avec l'axe principal (les axes sont représentés non séparés) du cylindre 44. La sonde 56 comprend une bobine 56A (non représentée figure 1, mais apparaissant figure 4A) située près de son extrémité 121 qui rayonne un champ électromagnétique dans la surface du bossage 7C. Le champ se propage suivant l'axe 63 et perpendiculairement au congé de raccordement 11C.

La sonde se déplace le long de son axe 63 dans les directions indiquées par les flèches 61. On peut bloquer la sonde 56 dans le cylindre 44 par le mécanisme d'avance micrométrique 54 de sorte qu'une fois déterminé un angle particulier 53, on peut choisir une distance particulière entre la sonde 56 et le congé de raccordement 11C. En se déplaçant suivant l'axe 63, la sonde 56 a une composante de mouvement suivant l'axe de rotation 31. Cette composante est une fonction du cosinus de l'angle 53. Ainsi, on peut dire que la sonde est positionnable avec un angle prédéterminé par rapport à une position prédéterminée le long de et à une distance prédéterminée de l'axe de rotation 31.

On fixe un premier pignon 68 à l'axe 21 et comme l'axe 21 est bloqué dans le trou 10C, le premier pignon 68 est aussi bloqué en rotation.

Un deuxième pignon 71, entraîné par un moteur 73, entraîne une chaîne de transmission qui est reliée au premier pignon 68 et à un troisième pignon 79. Le troisième

pignon 79 entraîne un potentiomètre 81 au moyen d'un arbre 82. Le potentiomètre 81 est fixé au dispositif 15, permettant ainsi de définir un angle de rotation d'arbre 83 entre l'arbre 82 et le potentiomètre 81. La signification de cet angle 83 sera décrite ci-après. Le fonctionnement des trois pignons est plus clairement représenté figures 2 A-C qui sont des vues de dessus schématiques de ces pignons.

Figure 2A, on a représenté les pignons 68, 71 et 79 par des cercles et la chaîne 76 par une courroie. Pour simplifier la représentation géométriques les quarts de cercle 86 sont égaux aux distances 89. Une marque de référence 91 est indiquée sur la chaîne 76 ainsi que des flèches de référence 92A-C sur les trois pignons. Le symbole 94 indique que le premier pignon 68 ne tourne pas. Les axes 99A-C retiennent les centres des pignons. Ces axes forment un triangle qui a une relation angulaire constante avec le dispositif 15.

Lorsque le deuxième pignon 71, entraîné par un moteur, tourne comme indiqué par la flèche 101, la chaîne 76 entraîne les deuxième et troisième pignons 71 et 79 autour du premier pignon 68 de sorte que ces deuxième et troisième pignons parcourent le trajet circulaire 103 et occupent successivement les positions représentées figures 2A-C. C'est-à-dire que le dispositif 15 tourne dans le sens de la flèche 102 figure 1. Si les premier et troisième pignons des figures 2A-C ont le même diamètre, l'angle 104 est égal à l'angle 106 à tout moment de la rotation. Puisque l'angle 104 est aussi l'angle de rotation 83 de l'arbre du potentiomètre de la figure 1, et puisque l'angle 104 indique la position relative du dispositif 15 par rapport au premier pignon 68, l'égalité entre les deux angles 104 et 106 permet de déduire la position angulaire du dispositif 15 par rapport au bossage 7C figure 1 à partir du signal de sortie du potentiomètre 81. Ceci sera expliqué en liaison avec la figure 3.

Figure 3, on a représenté le potentiomètre 81, qui

a une prise 107, (dont la position correspond à la flèche 92B figure 2A) qui tourne à l'intérieur d'une résistance circulaire 109 et qui est alimenté par une source de courant continu 110, superposé sur les trois pignons 68, 71, 79. Une analyse géométrique montrerait que, puisque le premier pignon 68 est fixe, la prise 107 a la même relation angulaire, représentée par l'angle 104, par rapport à l'axe 99A que la flèche de référence 92A du premier pignon 68 figure 2A. C'est-à-dire que pendant la rotation l'angle 104A est égal à l'angle 106. A mesure que l'angle 104 A varie pendant la rotation, la tension de sortie Vp du potentiomètre varie et cette tension Vp est représentative à la fois de l'angle 104 et de l'angle 106. Ainsi, le signal de sortie du potentiomètre indique la position en rotation du dispositif 15 de la figure par rapport à l'axe bloqué 21 et donc par rapport aux bossage 7C.

Figure 3, les comparateurs 107A et 109A comparent Vp avec deux tensions prédéterminées V_1 et V_2 qui sont prises à partir des résistances variables 112 et 115. Les sorties des comparateurs 107A et 109A sont reliées aux circuits représentés par les blocs 119 et 121. Les circuits à l'intérieur de ces blocs 119 et 121 sont sensibles aux signaux des comparateurs 107A et 109A et inversent le moteur 73 de la figure 1 chaque fois que la tension variable Vp de la figure 3 atteint l'une ou l'autre des tensions V_1 et V_2 . Ainsi V_1 et V_2 établissent les limites entre lesquelles la tension Vp du potentiomètre 81 est maintenue. Ceci limite la rotation du moteur 73 de la figure 1 entre les positions angulaires correspondant à ces tensions. Les tensions V_1 et V_2 définissent ainsi la longueur et la position en rotation d'un arc le long duquel la sonde analyse le bossage 7C. Par conséquent, on obtient de la sonde à courants de Foucault un balayage analogue à celui d'un es-
sue-glace, ceci entre les deux limites établies par les résistances variables 112 et 115 de la figure 3.

Le moteur 73 balaye, de préférence, la sonde à courants de Foucault 56 à vitesse constante car cela facilite l'analyse des signaux fournis par cette dernière. Avant la balayage, cependant, la sonde à courants de Foucault est placée de sorte que son extrémité 121 soit située environ à 0,051 mm au-dessus de la surface balayée. On étudiera maintenant l'importance de ce positionnement.

Comme représenté figure 4A, une sonde à courants de Foucault 56 analyse une surface 123 et s'approche d'une protubérance ou irrégularité 127, qui peut être un cordon de soudure ou une ligne de partage de moule provenant d'un usinage électrochimique. L'énergie électromagnétique rayonnée par la sonde 56 est représentée par le lobe 130 en traits discontinus, qui est une courbe polaire très schématique de la répartition de l'énergie rayonnée. Ainsi qu'il est connu, la sonde 56 est sensible aux variations des caractéristiques électromagnétiques du matériau présent à l'intérieur du lobe 130.

Lorsque la sonde 56 atteint l'irrégularité 127, si elle suit les contours de l'irrégularité (à savoir, si elle se déplace dans le sens de la flèche 133), alors les caractéristiques électromagnétiques du matériau contenu à l'intérieur du lobe 130 changent brutalement. C'est-à-dire qu'avant d'atteindre l'irrégularité 127, les régions 134A du lobe 130 de la figure 4A sont occupées par la surface du matériau 123. Après avoir atteint l'irrégularité 127, les régions 134A du lobe 130 sont occupées par le milieu diélectrique ambiant (par exemple l'air), comme représenté figure 4B. Ainsi, bien que pas nécessairement représentée à l'échelle exacte figure 4B, la variation en pourcentage du milieu diélectrique ambiant dans le lobe 130 après avoir atteint l'irrégularité 127 est relativement grande (comparée au changement étudié) et ainsi de la même manière la variation d'inductance de la sonde 56 due à l'irrégularité de surface 127 est grande.

Cependant, si on place la sonde 56 à une distance choisie (dimension 128), telle que 0,051 mm, de la surface 123 pendant l'analyse comme représenté figure 4C (c'est-à-dire que la sonde 56 est écartée de 0,051 mm), la variation de l'inductance due à l'irrégularité 127 est réduite. Une explication à ceci est que la variation proportionnelle de la quantité du milieu diélectrique ambiant (à savoir la quantité représentée par la zone ombrée 135) qui est déplacée par l'irrégularité 127 est une fraction relativement petite du milieu diélectrique total à l'intérieur du lobe 130. C'est-à-dire que la variation du milieu diélectrique indiquée par la zone ombrée 138 figure 4B est plus grande que la variation indiquée par la zone ombrée 135 figure 4C. Ainsi, on a diminué l'influence de l'irrégularité 127 sur l'inductance de la sonde à courants de Foucault 56. Par conséquent, l'existence d'une irrégularité de surface 127 ne masque plus de manière aussi importante un signal d'inductance produit par un défaut tel que 140 figure 4C qui est située sous l'irrégularité de surface 127. Donc, les effets des irrégularités de surface sur le signal produit par la sonde à courants de Foucault 56 ont été réduits.

On a représenté figure 4B la sonde 56 en contact avec l'irrégularité 127. Cependant, comme mentionné précédemment, la sonde peut accidentellement rebondir de la surface du matériau 123 à la suite d'un choc avec l'irrégularité 127 ou être intentionnellement soulevée pour "sauter" l'irrégularité 127. Dans ce cas, la sonde 56 ne sera probablement pas en contact avec l'irrégularité 127 comme représenté figure 4B mais sera placée à distance de cette irrégularité 127.

De même, le positionnement de la sonde 56 avec un écartement prédéterminé de 0,051 mm n'aura probablement pas pour résultat un contact entre la sonde 56 et l'irrégularité 127 comme représenté figure 4C pour des raisons de simplicité de schéma. Bien entendu, la distance prédéterminée 128

n'est pas maintenue à proximité de l'irrégularité 127 comme représenté figure 4C : elle est réduite. En conséquence, la distance prédéterminée 128 n'est pas au sens strict la distance entre la sonde et la surface 123 mais c'est la distance, telle que la distance 129, entre la sonde et une référence prédéterminée telle que la ligne en traits discontinus 129A. La distance 129 ne change pas à proximité de l'irrégularité 127.

En outre, on a remarqué qu'un signal produit par une fissure 145 située à l'intérieur, ou sur la surface, de l'irrégularité 127 est lui-même moins masqué par l'analyse avec une sonde 56 avec écartement qu'avec une sonde sans. Une des raisons de ceci tient en ce que, bien que l'inductance de la sonde varie comme décrit en relation avec les figures 4A-C, le matériau de l'irrégularité 127 présente encore un certain trajet continu de courants de Foucault. Cependant, l'existence de la fissure 145 rompt la continuité et produit des signaux de courants de Foucault.

On a décrit une invention dans laquelle on peut placer une sonde à courants de Foucault 56 de manière prédéterminée par rapport à une première référence, à savoir l'axe de rotation 31 figure 1. On réalise ceci en combinant la position de la sonde le long de l'axe 63, le réglage de l'angle 53 et le réglage de la sonde 56 dans le sens radial suivant la flèche 36. Un moteur 73 fait tourner la sonde 56 autour de l'axe de rotation 31 entre les limites choisies pour balayer la sonde 56 le long de la surface d'un objet à la manière d'un essuie-glace. L'invention permet à la sonde 56 d'être soulevée au-dessus de la surface d'une distance déterminée pendant le balayage, de manière à "sauter" les irrégularités de surface. C'est-à-dire qu'on a réalisé une caractéristique d'écartement pour réduire l'effet de masquage que les irrégularités de surface ont sur les défauts. Dans la description ci-dessus, on a supposé que l'axe 63 est coplanaire avec l'axe de rotation 31. Cependant, ce n'est

- 10 -

pas nécessaire, et on peut utiliser des relations différentes entre l'axe de la sonde 63 et l'axe de rotation 31 pour des situations différentes.

5 Considéré d'un autre point de vue, le dispositif 15 est monté autour de l'axe bloqué 21 qui fournit une fixation utilisée par le dispositif 15 pour déplacer la sonde à courants de Foucault le long d'un arc qui suit la surface du bossage 7C. On peut avancer ou reculer la sonde de distances choisies à partir du bossage 7C. Le moteur 73 réalise un
10 moyen de rotation. Un moyen de commande, qui comprend le circuit fournissant les tensions V_1 et V_2 , règle le moteur 73 de sorte que la sonde 56 se déplace le long d'un arc prédéterminé dont la position et la longueur sont déterminées par les tensions V_1 et V_2 .

15

20

25

30

35

REVENDEICATIONS

1. Dispositif pour faire tourner une sonde à courants de Foucault (56) le long d'un arc autour d'un axe (31) pour analyser un objet, caractérisé en ce qu'il comporte :

5 a) un support (18) pour placer la sonde à courants de Foucault (56) dans une position prédéterminée par rapport à l'axe (31) ; et

 b) un moyen de rotation (73) pour faire tourner la sonde à courants de Foucault (56) autour de l'axe (31) à
10 vitesse pratiquement constante.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen de support (18) de (a) comporte des moyens (35, 44, 54), pour placer la sonde à courants de Foucault (56)

15 i) à angle prédéterminé par rapport à l'axe (31)

 ii) à une position prédéterminée le long de l'axe (31)

 iii) à une distance prédéterminée de l'axe.

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen de rotation de (b) comporte des moyens de définition d'arc (112, 115) pour définir la position et la longueur de l'arc le long duquel se déplace la sonde à courants de Foucault.

4. Dispositif pour faire tourner une sonde à courants de Foucault (56) le long d'un arc autour d'un objet (7C) comportant un trou (10C), caractérisé en ce qu'il comprend:

 a) un axe (21) pour insertion dans le trou (10C) et comportant :

30 i) des moyens de blocage (24, 27) pour empêcher la rotation de l'axe (21) à l'intérieur du trou et,

 ii) une attache (68) fixée à l'axe (21) pour réaliser un moyen d'attache qui ne tourne pas par rapport à l'objet ;
35

b) un dispositif de fixation (35) qui tourne autour de l'axe (21) et comporte :

5 i) un support (44) pour supporter la sonde à courants de Foucault (56) dans une position prédéterminée par rapport au trou (10C) ;

c) des moyens de rotation comprenant un moteur (73) relié à l'attache fixe (68) et au dispositif de fixation (35) rotatif pour effectuer le mouvement du dispositif de fixation (35) rotatif à vitesse pratiquement constante.

10 5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte en outre :

d) des moyens de commande (112, 111, 119, 121), pour

15 i) réaliser deux limites prédéterminées (V_1 , V_2) et

ii) limiter le déplacement de la sonde à courants de Foucault entre ces deux bornes (V_1 , V_2)

20 6. Dispositif pour analyser une surface irrégulière avec une sonde à courants de Foucault (56), caractérisé en ce qu'il comprend un support (18) pour la sonde comportant :

25 i) des moyens (35) pour placer la sonde suivant une position prédéterminée par rapport à un axe de rotation (31),

ii) des moyens (73, 54) pour :

A) déplacer la sonde (56) autour de l'axe de rotation (31) suivant un trajet en arc et

30 B) maintenir une distance pratiquement constante par rapport à la surface pendant le déplacement de (iiA).

7. Dispositif pour analyser la surface d'un bossage (7C) de trou de boulon (10C) dans un rotor de moteur à turbine à gaz, utilisant une sonde à courants de Foucault
35 (56), caractérisé en ce qu'il comprend :

a) un support (18) fixé au et pouvant tourner autour du bossage pour supporter la sonde à courants de Foucault (56) le long d'un arc prédéterminé comportant :

5 i) un axe (21) qui peut être inséré dans le trou de boulon pour fournir un centre de rotation au support,

ii) un dispositif de fixation (35),

10 A) pour placer la sonde à courants de Foucault généralement coplanaire avec l'axe (21) et faisant un angle choisi (53) par rapport à l'axe (21) et

15 B) comprenant des moyens (54) pour faire avancer la sonde en contact avec la surface du bossage et ensuite relever la sonde d'une distance prédéterminée par rapport à la surface

iii) un bras (33) pour placer le dispositif de fixation (35) de (a) (ii) à une distance donnée de l'axe (21),

20 b) des moyens de déplacement (73) pour faire tourner le support (18) de (a) à vitesse pratiquement constante autour du centre de rotation de (a) (i) ;

c) des moyens de limitation pour établir la longueur de l'arc de (a).

25 8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens de limitation de (c) comprennent :

d) des moyens (81) pour réaliser un signal de position (V_p) indiquant la position en rotation relative entre la sonde (56) et le bossage (7C) ;

30 e) des moyens (112, 115) pour établir deux signaux de limite (V_1 , V_2) indiquant deux points choisis sur l'arc de (a) ;

f) des moyens (107A, 109A, 119, 121) pour :

35 i) recevoir le signal de position et les signaux de limite et

- 14 -

ii) limiter le trajet de la sonde le long de l'arc de sorte que le signal de position reste à l'intérieur des limites déterminées par les signaux de limite.

5 9. Méthode d'analyse d'une surface ayant des parties lisses et des parties saillantes, utilisant une sonde à courants de Foucault comportant une bobine, méthode caractérisée en ce qu'elle comprend une étape de maintien d'une distance prédéterminée (129) entre la bobine et une référence prédéterminée (129A), la référence prédéterminée ayant
10 une relation spatiale prédéterminée avec la surface (123).

 10. Méthode d'analyse d'une surface ayant des protubérances (127), utilisant une sonde à courants de Foucault (56) comportant une bobine (56A) qui émet un diagramme de
15 rayonnement, caractérisé en ce qu'elle consiste à maintenir une distance moyenne pratiquement constante entre la bobine (56A) et la surface (123) pendant l'analyse de sorte que la variation relative de la quantité de matériau diélectrique
20 ambiant dans le diagramme qui a lieu lorsqu'une protubérance pénètre dans le diagramme est une variation plus petite que celle ayant lieu lorsqu'on maintient une distance moyenne moins importante.

25

30

35

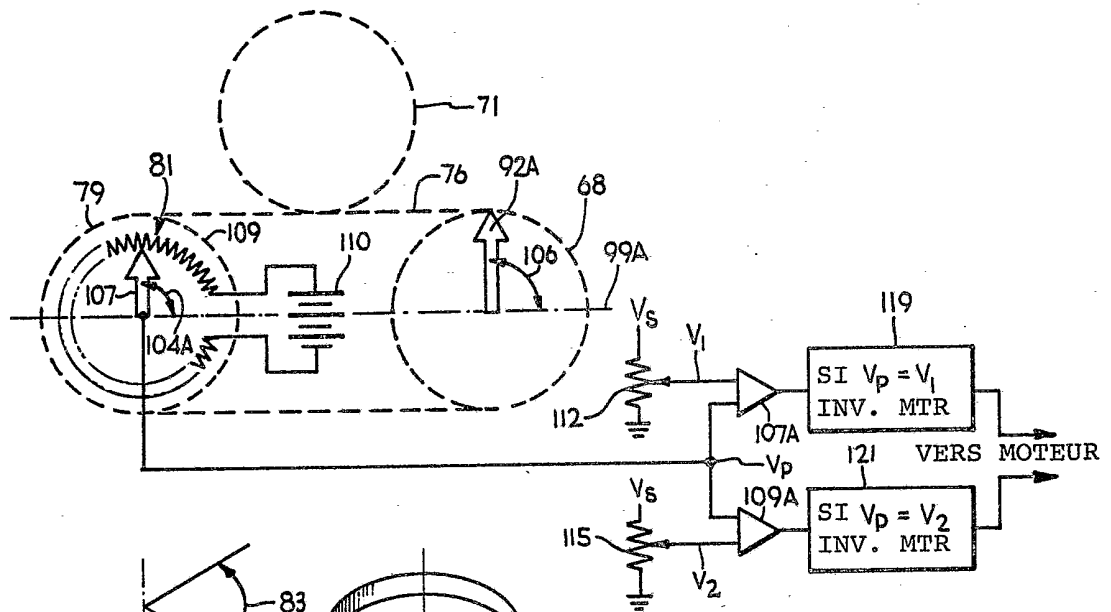


Fig 3

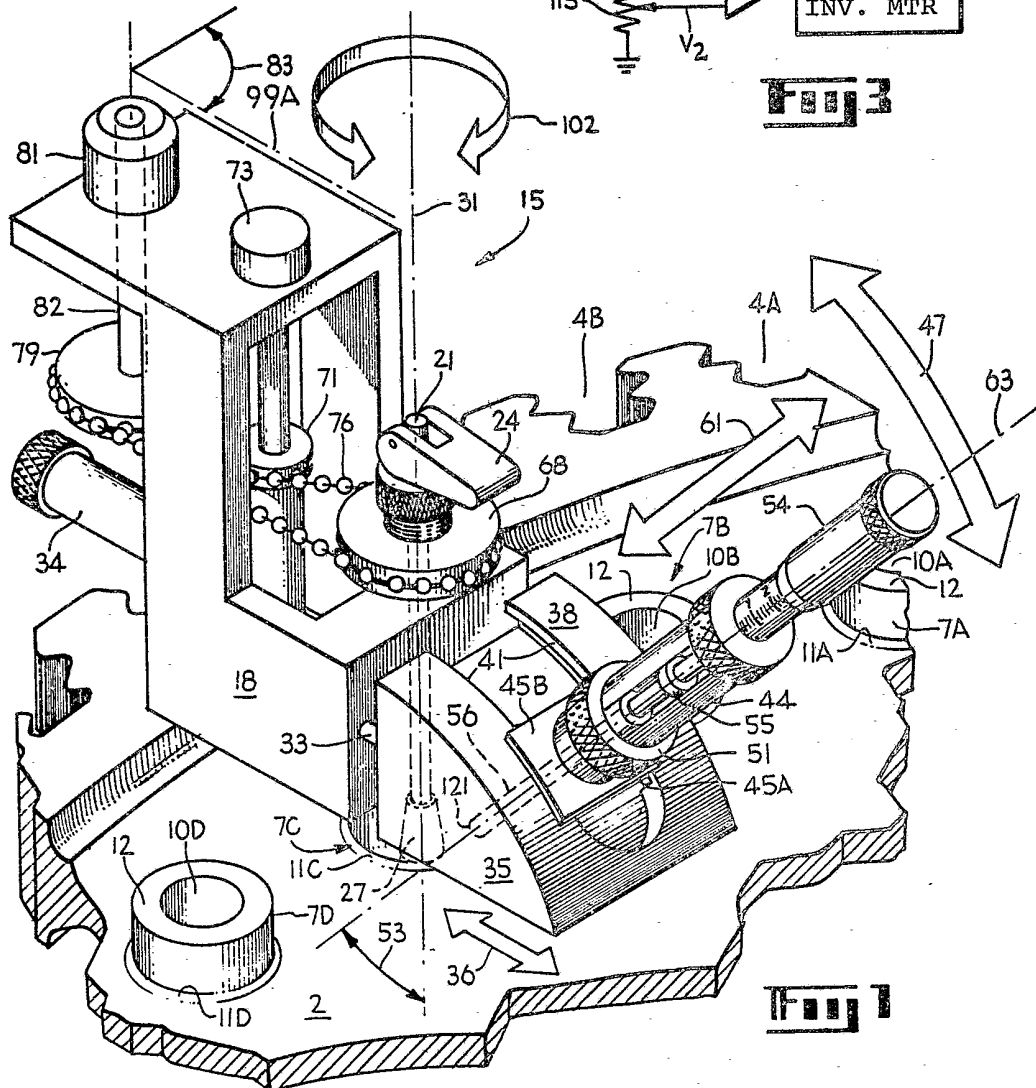


Fig 1

