

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 488 693

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 15475

(54) Sonde de surface à courants de Foucault.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). G 01 N 27/90.

(22) Date de dépôt..... 10 août 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *Canada, 18 août 1980, n° 359/392.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 7 du 19-2-1982.

(71) Déposant : ATOMIC ENERGY OF CANADA LTD., résidant au Canada.

(72) Invention de : Hugh W. Ghent et Valentino S. Cecco.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Harlé et Léchopiez,
21, rue de La Rochefoucauld, 75009 Paris.

La présente invention concerne une sonde de surface à courants de Foucault et, en particulier, une sonde pour la détection de défauts situés à faible profondeur sous la surface.

5 Les techniques d'essais non destructeurs par courants de Foucault utilisées de nos jours ne permettent pas de déceler aisément des défauts situés sous la surface à une profondeur faible, de l'ordre de 0,1 mm. Cette difficulté découle de ce que l'angle de phase de la variation de tension provoquée dans la bobine détectrice par un défaut peu profond est sensiblement égal à celui de la variation de tension due à une faible variation de la distance de la bobine à la surface d'essai, variation dite "décollement". La variation de tension causée par des défauts sis à une plus grande 10 profondeur, de l'ordre de 0,5 mm présente un décalage notable par rapport à celle due à des signaux de décollement, ce qui rend plus aisée la détection de défauts relativement profonds.

20 Les brevets US 3.197.693 et 3.753.096 donnent des exemples de sondes à courants de Foucault dans lesquelles on tente de compenser les variations de décollement.

25 Le brevet US 3.197.693 précité décrit une sonde à courants de Foucauld comportant deux ou plusieurs bobines coaxiales et coplanaires, bobinées sur des noyaux magnétiques distincts. Le signal de sortie est prélevé sur la bobine intérieure, et des moyens électroniques font varier la phase et l'amplitude de la bobine extérieure pour modifier la phase du signal de décollement décelé par la bobine intérieure.

30 Le brevet US 3.753.096 précité décrit une structure de sonde à courants de Foucault comportant des bobines intérieure et extérieure bobinées sur des noyaux magnétiques coaxiaux intérieur et extérieur distincts. Ces noyaux peuvent se déplacer axialement de manière à faire apparaître sensiblement le même degré de variation de décollement dans 35 le signal de sortie de chaque bobine. La bobine intérieure est plus sensible aux défauts que la bobine extérieure. Les bobines sont reliées chacune aux branches adjacentes d'un

5 pont à courant alternatif de façon que ce pont demeure "sensiblement" équilibré lors de variations normales du décollement, mais se trouve déséquilibré quand la bobine franchit des défauts superficiels. Toutefois, on n'indique pas dans ce brevet ce que l'on considère comme une variation normale du décollement ou comme un pont sensiblement équilibré.

10 La présente invention a donc pour objet de proposer une sonde à courants de Foucault dans laquelle le signal de décollement soit angulairement décalé par rapport au signal résultant de défauts peu profonds.

15 On atteint ce but de l'invention, ainsi que d'autres, grâce à une sonde à courants de Foucault, pour connexion à un circuit détecteur en pont à courant alternatif, qui comprend un agencement de bobines comportant au moins deux bobines dissemblables fixées à des noyaux coaxiaux non magnétiques. Les noyaux sont montés sur un socle non magnétique qui détermine la position de la sonde par rapport à la surface à sonder. Le mode de montage des noyaux permet d'ajuster ceux-ci suivant une direction axiale à l'intérieur du socle. Les 20 bobines de la sonde peuvent différer par leurs rayons, leurs longueurs et/ou leurs inductances. En outre, la sonde à courants de Foucault peut comporter une calè conductrice juxtaposée à l'une des bobines, qui est de préférence la bobine intérieure dans une sonde à deux bobines.

25 Beaucoup d'autres buts et aspects de l'invention apparaîtront d'après la description détaillée que l'on va maintenant donner de certaines réalisations de l'invention en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

30 Fig. 1 représente un exemple type de circuit de pont à courant alternatif utilisable suivant l'invention.

Fig. 2, 3 et 4 représentent des "courbes de décollement" sur les plans d'impédance sans dimensions. La pente de la courbe de décollement représente la valeur $| dZ_X/dZ_R |$;

35 Fig. 5, 6 et 7 représentent des courbes montrant comment le taux de variation de l'impédance de bobine en fonction du décollement $Ln(dZ/dl)$ varie avec le décollement;

Fig. 8 indique les signaux de sortie des bobines de la sonde pour diverses valeurs de décollement;

Fig. 9 représente en coupe droite une sonde de surface selon la présente invention;

5 Fig. 10 représente les signaux de sortie d'une sonde en présence de décollements et de défauts divers; et

Fig. 11 représente les signaux de sortie émis par une sonde pourvue d'une cale en présence de décollements et de défauts divers.

10 La sonde de surface à courants de Foucault comporte deux bobines coaxiales C_1 et C_2 montées dans une cage de façon qu'en utilisant la sonde, on puisse placer les bobines à peu près parallèlement à la surface à sonder, que celle-ci soit plate ou arquée, comme c'est le cas par exemple pour 15 l'intérieur d'un gros tube. Les bobines C_1 et C_2 sont montées de manière à constituer les branches d'un circuit de pont à courant alternatif 1, comme illustré par la figure 1. Le pont à courant alternatif 1 est alimenté par une source de courant alternatif 2, dont la fréquence est normalement réglable. Les 20 deux autres branches du pont sont constituées par des impédances variables 3 et 4 permettant d'équilibrer le pont pour toute fréquence de sondage souhaitée. Un détecteur 5 assure l'équilibrage du pont et la détection des signaux dus à une variation du décollement et/ou à des défauts présents dans 25 la surface à sonder.

L'impédance d'une bobine est désignée par le symbole Z . Elle est constituée par une composante réactive (Z_X) et par une composante résistive (Z_R). Quand la distance de la bobine à la surface à sonder, couramment dite décollement (1) se modifie un peu, il y a variation correspondante de l'impédance réactive (ΔZ_X) et de l'impédance résistive (ΔZ_R). On a déterminé que, pour une variation faible du décollement, la valeur $|dZ_X/dZ_R|$ augmente avec le diamètre de la bobine, avec la fréquence de sondage, avec le décollement et, à un degré moindre, avec la longueur de la bobine. Les figures 2 à 4 représentent des courbes de décollement qui illustrent ce comportement. La pente de la courbe de décollement représente la valeur $|dZ_X/dZ_R|$. L'axe

Quand ce pont est à l'état d'équilibre, état figuré par un X sur chacun des jeux de courbes de la série a à f de la figure 8, on obtient chaque jeu de courbes de décollement par :

- 5 I) soulèvement de la seule bobine extérieure, ce qui donne le segment horizontal situé à droite, c'est-à-dire les courbes Ia-If;
- 10 II) soulèvement de la seule bobine intérieure, ce qui donne le segment descendant vers la gauche figuré par les courbes IIIa-IIIIf; et enfin
- 15 III) soulèvement simultané des deux bobines par degrés successifs de 0,086 mm, ce qui donne les courbes de décollement différentiel portées en pointillé en IIIa-IIIIf.
- 20 On voit d'après la figure 8 que l'on peut décaler angulairement la direction initiale de la courbe de décollement différentiel III par rapport aux courbes de décollement de bobine I ou II par simple ajustement de la distance axiale séparant initialement la bobine extérieure de la surface à sonder. On peut accuser ce décalage en choisissant des bobines différentielles par leurs longueurs et leurs diamètres, 25 en adoptant des inductances de bobine différentes et en opérant à des fréquences différentes.

La figure 9 représente une sonde à courants de Foucault selon la présente invention. La sonde 10, représentée en coupe droite, comporte un socle 11 qui, tel que représenté, est en forme de cylindre présentant une extrémité ouverte 12 et une extrémité fermée 13. L'extrémité fermée 13, très mince, est en contact avec la surface à sonder. Deux bobines coaxiales, intérieure 14 et extérieure 15, sont montées sur des noyaux 16 et 17 respectivement 30 de façon qu'on puisse les placer, à l'intérieur du socle 11, à la distance préfixée voulue de l'extrémité 13 du socle 11. Le noyau extérieur 17 comporte un corps cylindrique creux 18 muni d'une colerette 19 et qui pénètre à coulisser dans le socle 11. Un chapeau 20 recouvre la colerette 19, à laquelle il est fixé. Des vis 21 fixent le noyau 17 au socle 11 et des ressorts 22 enfilés sur ces vis 35

maintiennent la bobine extérieure 15 à la distance souhaitée de l'extrémité 13. Le noyau 16 est de forme cylindrique et se meut librement dans le corps de noyau 18. Il est immobilisé dans ce corps 18 par une vis 23. La position du noyau 16 par rapport au corps 18 peut être ajustée par un écrou 24 et est maintenue par un ressort 25. Tous les éléments prévus dans la sonde 10, y compris les vis, sont en matériau non magnétique tel que Delrin. Les caractéristiques des bobines 14 et 15, en fil de cuivre, d'une sonde particulière, sont indiquées dans le tableau II ci-dessous.

TABLEAU II

15	Bobine 14	Ø intér. (mm)	Ø ext. (mm)	Longueur (mm)	L μ H	Nombre de spires:
	Bobine 14	0,5	2,5	0,5	13,5	128
	Bobine 15	4,6	5,1	1,3	16	42

20 En fonctionnement, il est souhaitable d'ajuster les deux bobines 14 et 15 dans la sonde tant l'une par rapport à l'autre que par rapport à l'extrémité 13 de la sonde, et donc à la surface à sonder, de façon que le signal de défaut dû à un défaut peu profond soit angulairement décalé 25 de 90° par rapport à la courbe de décollement différentiel. Dans une sonde du type décrit ci-dessus, on a ajusté les bobines intérieure 14 et extérieure 15 de façon à placer la première à 0,32 mm et la seconde à 1,0 mm de la surface à sonder. On a alors mis le pont à courant alternatif, fonctionnant à une fréquence de 500 kHz, dans l'état d'équilibre représenté par le point X sur la figure 10. Les différences entre les signaux de sortie résultants dus au décollement et aux défauts ressortent clairement. La courbe de décollement est sensiblement perpendiculaire aux signaux 30 de défauts engendrés par trois encoches de 0,13 mm, 0,25 mm et 0,50 mm de profondeur ménagées dans la surface à sonder et ayant 0,13 mm de large et 6,3 mm de long.

En vue d'augmenter le rapport signal de défaut/signal de décollement, on peut insérer une mince cale conductrice 26 entre la bobine intérieure 14 et la surface à sonder, comme représenté sur la figure 9. La cale 26 modifie 5 la caractéristique de décollement de la bobine 14 en accusant la pente de la courbe de décollement $|dZ_X/dZ_R|$ et en diminuant la valeur $|dZ/dl|$. Par choix judicieux de la conductivité et de l'épaisseur de la cale 26, il est possible d'obtenir des courbes de décollement presque identiques 10 pour les bobines intérieure 14 et extérieure 15, dans un intervalle de décollement important, à une fréquence de sondage particulière. L'effet exercé par une cale en Zircaloy-2 de 0,1 mm insérée entre la bobine intérieure 14 et la surface à sonder est indiqué sur la figure 11. Le 15 signal de décollement est angulairement décalé d'environ 180° et, par rapport au signal de défaut de 0,13 mm de profondeur, le signal correspondant à un décollement d'environ 0,17 mm est très faible. Comme on le voit sur la figure 10, en l'absence de cale, une variation de décollement de 0,17 20 mm fait apparaître un signal important par rapport au signal correspondant à un défaut de 0,13 mm de profondeur.

Bien entendu, la description qui précède n'est pas limitative et l'invention peut être mise en oeuvre suivant d'autres variantes sans que l'on sorte de son cadre.

REVENDICATIONS

1. Sonde à courants de Foucault destinée à être reliée à un circuit détecteur en pont à courant alternatif pour déceler des défauts peu profonds dans des surfaces,
5 caractérisée en ce qu'elle comprend : des bobines (C₁, C₂ ; 14, 15) dont deux au moins sont dissemblables et fixées sur des noyaux coaxiaux (16,17) non magnétiques; un socle non magnétique (11) pour positionner la sonde près de la surface à sonder et des moyens de réglage (21, 23, 24) assurant 10 le montage des noyaux dans le socle de manière à permettre d'ajuster axialement chaque bobine dans le socle.
2. Sonde à courants de Foucault selon la revendication 1, caractérisée en ce que les bobines diffèrent par leurs rayons.
15 3. Sonde à courants de Foucault selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que les bobines diffèrent par leurs longueurs.
4. Sonde à courants de Foucault selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que les bobines diffèrent par leurs inductances.
20 5. Sonde à courants de Foucault selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins une cale conductrice (26) juxtaposée à l'une des bobines.
- 25 6. Sonde à courants de Foucault selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que les bobines comportent une bobine intérieure (14) et une bobine extérieure (15), la bobine extérieure ayant un diamètre intérieur plus grand que le diamètre extérieur de la bobine intérieure.
30 7. Sonde à courants de Foucault selon la revendication 6, caractérisée en ce que les bobines intérieure (14) et extérieure (15) diffèrent par leurs longueurs.
- 35 8. Sonde à courants de Foucault selon la revendication 6 ou 7, caractérisée en ce que les bobines intérieure (14) et extérieure (15) diffèrent par leurs inductances.
- 40 9. Sonde à courants de Foucault selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisée en ce qu'elle comporte une ou plus d'une cale conductrice (26) juxtaposée à la bobine intérieure (14).

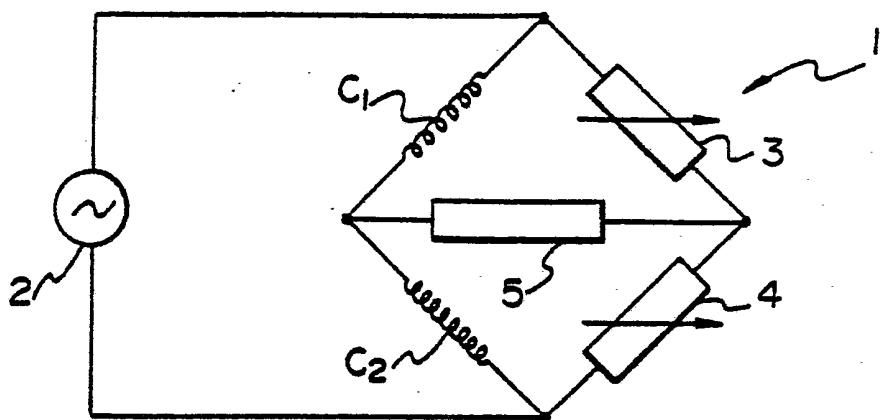


FIG. 1

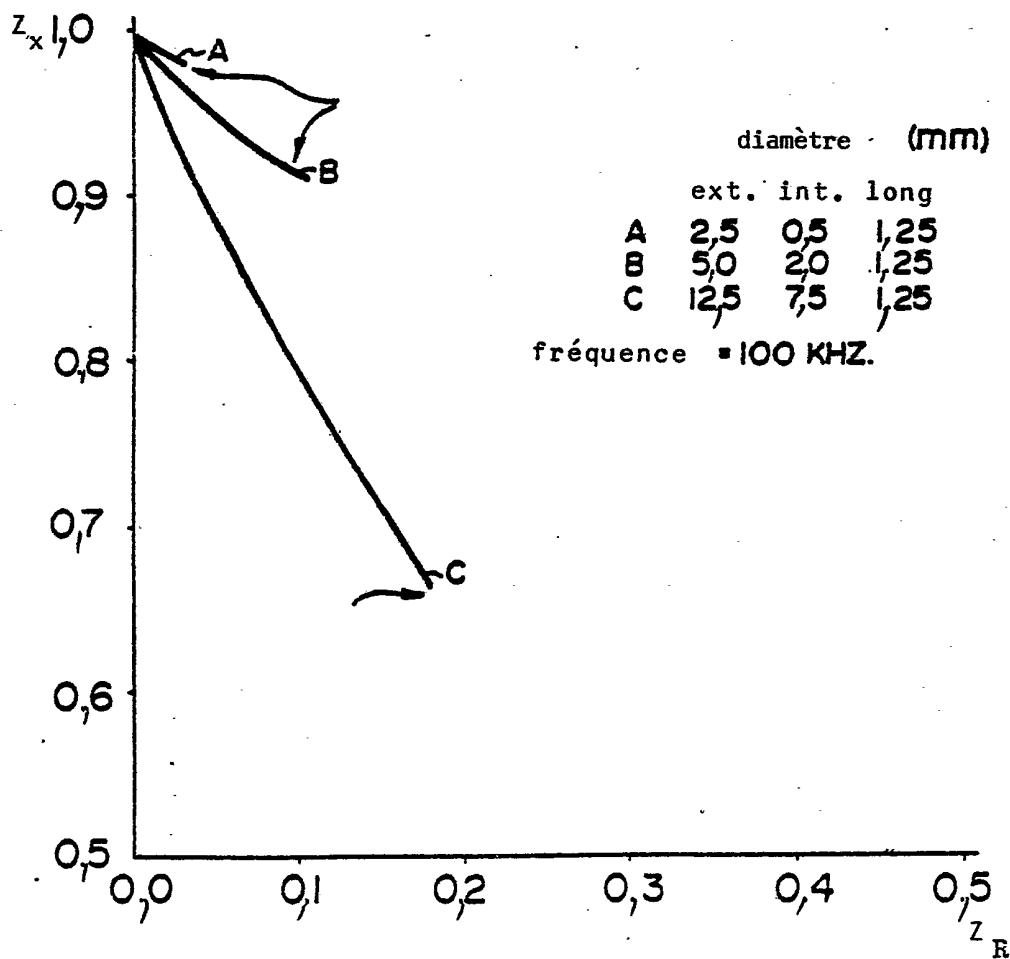


FIG. 2

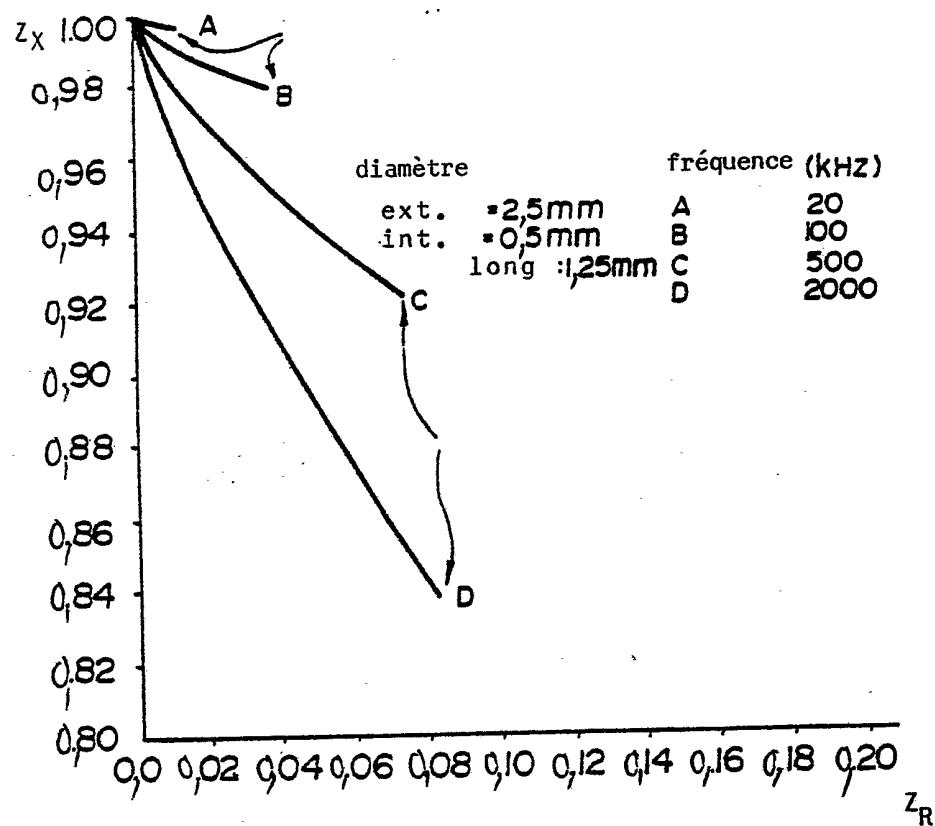


FIG. 3

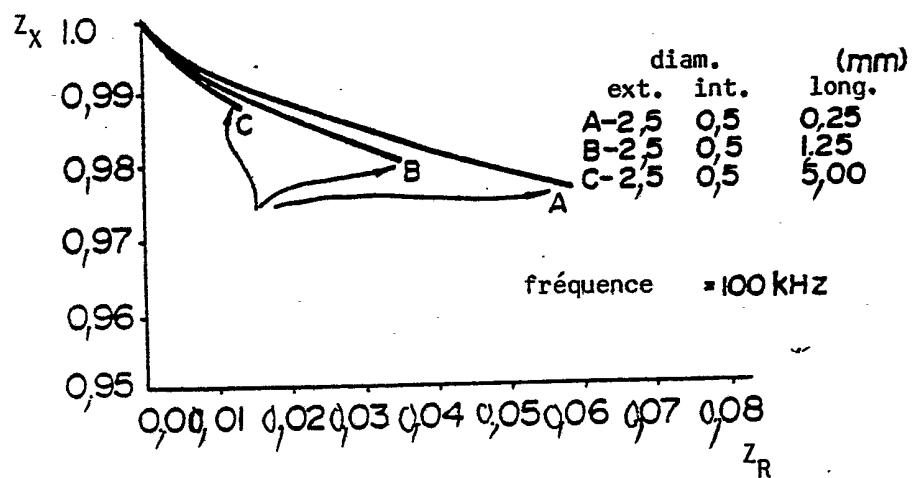


FIG. 4

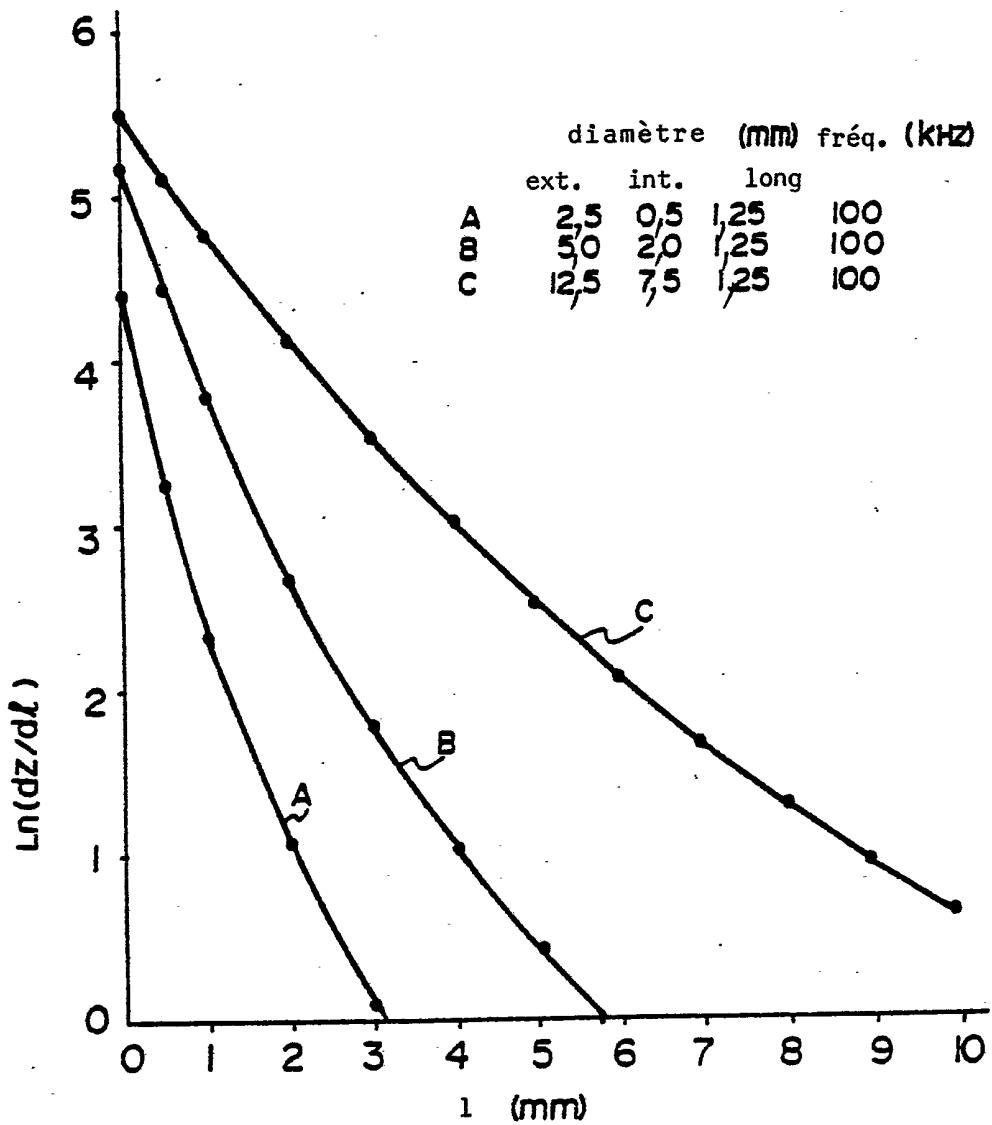


FIG. 5

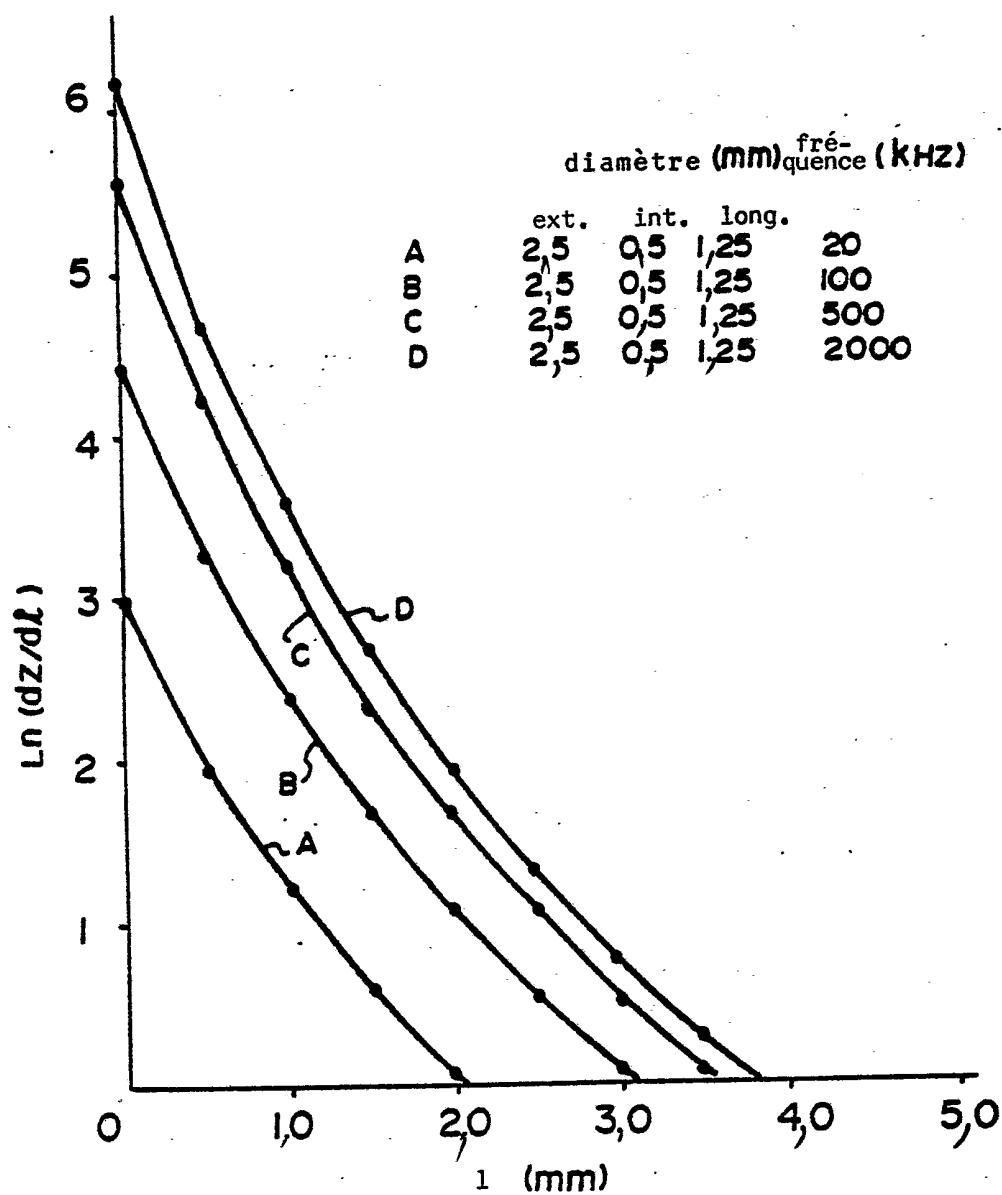


FIG. 6

2488693

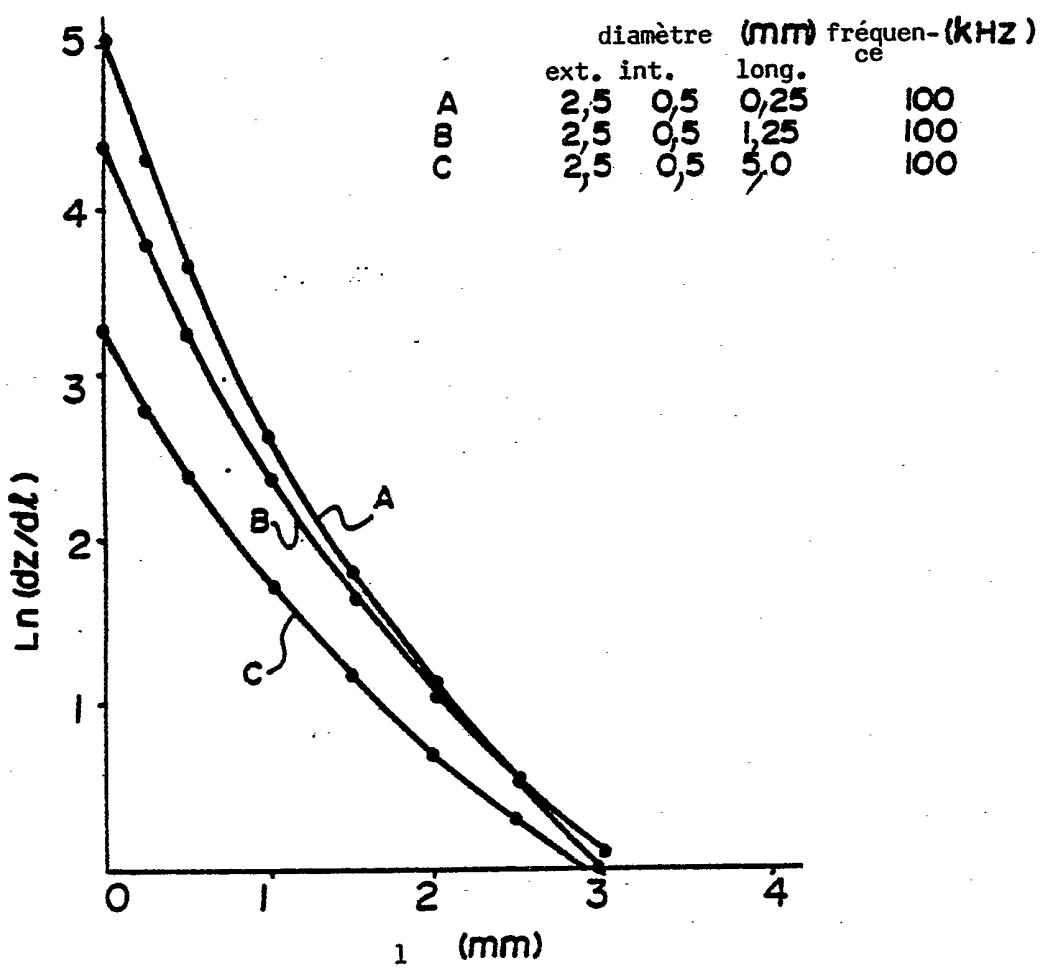


FIG. 7

2488693

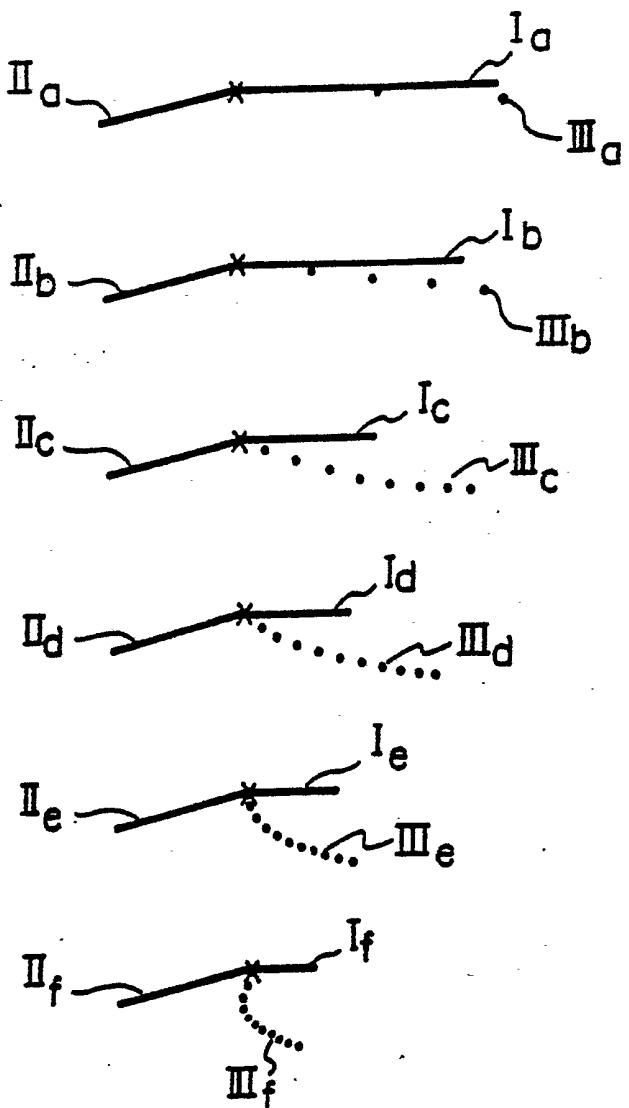


FIG. 8

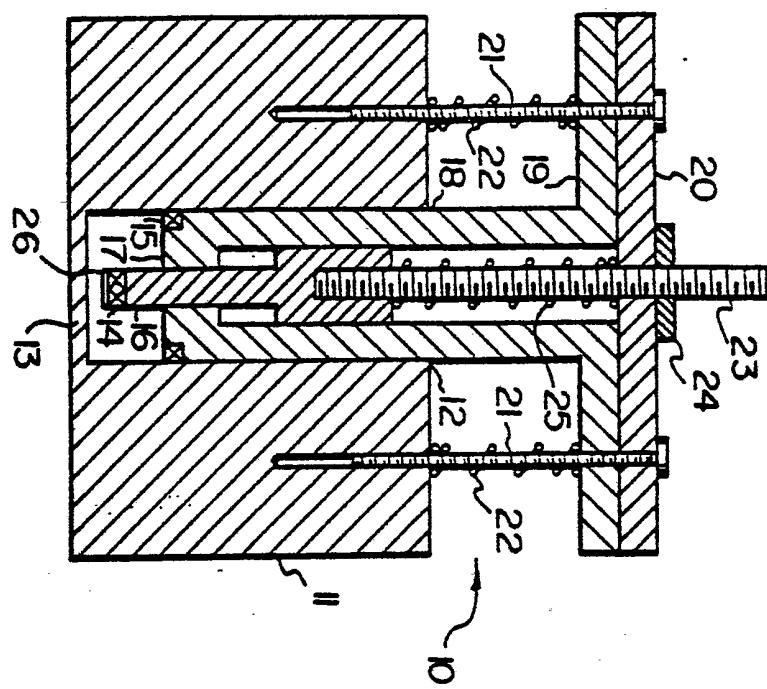


FIG. 9

FIG. 10

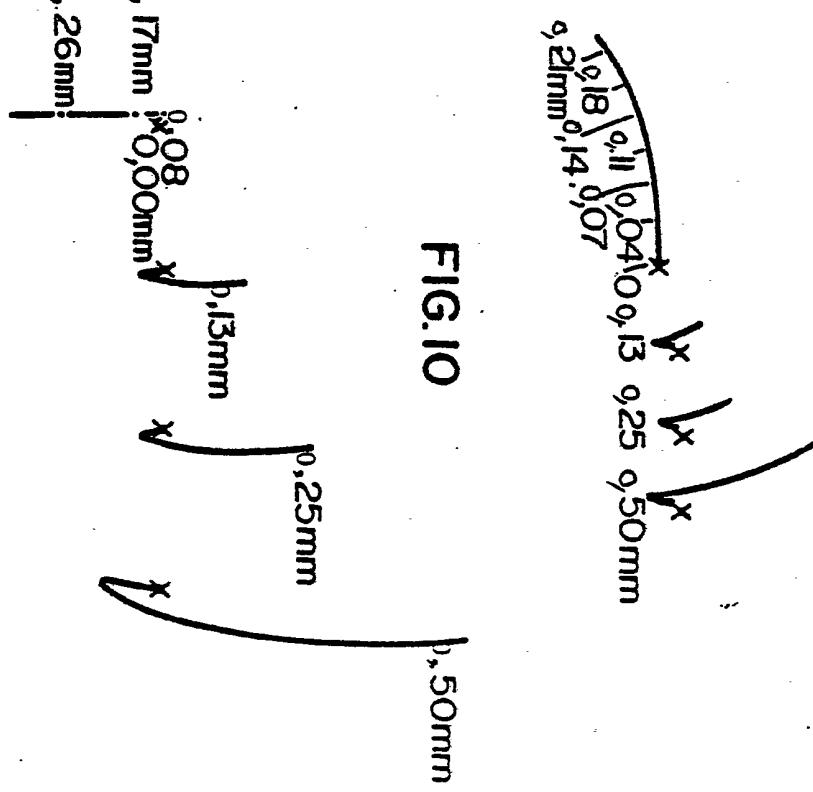


FIG. 11

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

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

2 488 541

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 18083

(54) Machine de rectification à transfert de pièces.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). **B 24 B 5/313, 15/02.**

(22) Date de dépôt..... 13 août 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° 7 du 19-2-1982.

(71) Déposant : KOENNEMANN Gerhard, résidant en France.

(72) Invention de : Gerhard Koennemann.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Charras,
3, place Hôtel-de-Ville, 42000 Saint-Etienne.