

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 678 384

(21) N° d'enregistrement national : 91 07875

(51) Int Cl<sup>5</sup> : G 01 N 27/87

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 26.06.91.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 31.12.92 Bulletin 92/53.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : Société dite: CENTRE TECHNIQUE DES INDUSTRIES MECANIQUES — FR.

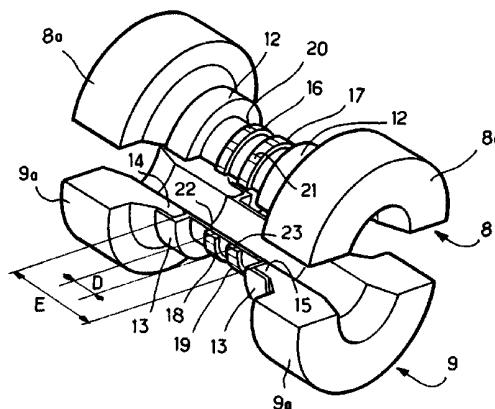
(72) Inventeur(s) : Lambert Alain et Barbarin André.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : S.A. Fedit-Loriot & Autres Conseils en Propriété Industrielle.

### 54 Dispositif électromagnétique pour la détection de défauts dans un câble.

(57) Il comprend un dispositif électromagnétique pour la détection d'au moins un défaut (24) dans un câble (1), du type comprenant des moyens de magnétisation (2) disposés autour du câble, des sondes de détection à effet Hall (20, 21) disposées sur un anneau autour dudit câble et susceptible de détecter le défaut, des moyens de traitement des signaux délivrés par lesdites sondes de détection et représentatifs du défaut détecté, et il caractérisé en ce que les sondes de détection (20, 21) sont disposées sur au moins deux anneaux ferromagnétiques (16, 17; 18, 19) autour du câble, chaque sonde (20) d'un anneau (16, 17) étant associée à une sonde (21) de l'autre anneau (18, 19) de manière à former des paires de sondes, et en ce que les anneaux sont séparés par un intervalle (D) permettant d'obtenir, à partir des signaux délivrés par une paire de sondes, un signal différentiel qui est la somme de deux composantes représentatives d'au moins un type de défauts susceptibles d'apparaître dans ledit câble.



FR 2 678 384 - A1



DISPOSITIF ELECTROMAGNETIQUE POUR LA DETECTION  
DE DEFAUTS DANS UN CABLE

La présente invention concerne un dispositif électromagnétique pour la détection de défauts dans un câble.

5 Les câbles sont très utilisés dans de nombreuses industries et, dans la majorité des cas, la rupture d'un câble peut provoquer de sévères dommages à l'équipement environnant et même la perte de vies humaines.

10 Aussi, les câbles sont fréquemment inspectés tant visuellement ce qui nécessite de la part du préposé à l'inspection une très grande expérience pour au moins détecter une déformation ou érosion externe du  
15 câble, qu'à l'aide de dispositifs spécifiques de plus en plus élaborés.

Deux types principaux de défauts peuvent apparaître dans un câble.

20 Le premier défaut concerne une réduction de la section du câble, qui peut être consécutive par exemple à une corrosion externe ou interne, une usure ou encore un défaut de toronage. Ce type de défaut est appelé  
25 communément un "défaut long".

Un autre type de défaut est celui à caractère ponctuel qui est la conséquence, par exemple, d'un ou plusieurs fils rompus externes ou internes, des indentations ou d'inclusions métalliques.

5

Les dispositifs mis au point pour la détection des défauts longs ne permettaient pas d'avoir une estimation quantitative suffisamment précise des défauts ponctuels qui sont beaucoup plus difficiles à détecter en raison de la structure complexe du câble.

La tendance a donc été de concevoir et de réaliser des dispositifs capables de détecter les défauts ponctuels qui peuvent être lourds de conséquences surtout lorsqu'ils se produisent à l'intérieur du câble. De plus, il était nécessaire que les dispositifs soient non destructeurs du câble ou plutôt n'altèrent pas la structure dudit câble, et qu'ils puissent détecter la série de fils rompus ou d'inclusions métalliques produites dans une faible longueur de câble.

L'utilisation de dispositifs électromagnétiques comprenant des détecteurs à effet Hall fut et est préférée à celle de bobines inductives dans les dispositifs actuellement proposés.

Le principe du contrôle électromagnétique d'un câble est basé sur la mesure de la variation du champ magnétique dans l'environnement immédiat du câble lorsque celui-ci est soumis à une aimantation longitudinale.

En l'absence de défauts, les lignes de force du champ magnétique sont toutes parallèles à l'axe longitudinal du câble.

5 En présence d'un défaut, les lignes de force sont déviées et l'induction  $B$  résultante peut être décomposée en une composante normale ou radiale  $B_N$ , perpendiculaire à l'axe longitudinal du câble, et une composante tangentielle  $B_T$  qui est parallèle à l'axe longitudinal du câble.  
10

Les détecteurs ou sondes à effet Hall sont disposés de telle façon qu'ils soient sensibles à la composante normale  $B_N$  de l'induction.

15 Dans l'article de la revue "The American Society for Nondestructive Testing" datée de mars 1990, aux pages 336 et suivantes, il est décrit les perfectionnements apportés aux dispositifs électromagnétiques utilisant des sondes à effet Hall.  
20 Le dispositif particulier représenté dans ledit article comprend des sondes plates à effet Hall, disposées autour du câble à inspecter ou à contrôler. Le traitement préconisé fait appel à un échantillonage dans le domaine spatial par une conversion analogique-numérique des signaux délivrés par les sondes, les erreurs des intervalles d'échantillonnage des signaux étant compensées par un filtrage comprenant des filtres linéaires et non linéaires.  
25

Dans un autre article daté du 5 octobre 1988 de NDT International, volume 21, il était préconisé de disposer de petites sondes sur une couronne autour du câble à contrôler.

5

Parmi les dispositifs du même type, on peut citer ceux décrits dans les brevets CA 77 12997 ; US 3 424 976, 4 096 437, 4 495 465, 4 659 991 ; GB 2 012 966 et polonais 82484.

10

Toutefois, tous ces dispositifs permettent la détection soit de défauts longs soit de défauts ponctuels et, pour certains d'entre eux, ne s'affranchissent pas de l'influence de la vitesse relative du déplacement du câble par rapport au dispositif de détection, ou d'être tributaires de la fréquence du signal brut délivré par chaque sonde à effet Hall.

20

La présente invention a pour but de pallier les inconvénients précités et de proposer un dispositif qui permette de détecter quantitativement les deux types principaux de défauts susceptibles d'apparaître dans un câble en cours de contrôle ou d'inspection.

25

La présente invention a pour objet un dispositif électromagnétique de détection de défauts dans un câble, du type comprenant des moyens de magnétisation disposés autour du câble, des sondes de détection à effet Hall disposées sur un anneau autour dudit câble et susceptible de détecter un défaut, des moyens de traitement des signaux délivrés par lesdites sondes

de détection et représentatifs du défaut détecté, et caractérisé en ce que les sondes de détection sont disposées sur au moins deux anneaux autour du câble, chaque sonde d'un anneau étant associée à une sonde de l'autre anneau de manière à former des paires de sondes, et en ce que les anneaux sont séparés par un intervalle permettant d'obtenir, à partir des signaux délivrés par une paire de sondes, un signal différentiel qui est la somme de deux composantes représentatives d'au moins un type de défauts susceptibles d'apparaître dans ledit câble.

Un avantage de la présente invention est de mettre en évidence et de différencier les deux types principaux de défauts, tout en étant indépendant de la vitesse relative entre le câble et le dispositif de détection.

Par ailleurs, le traitement des signaux bruts délivrés par les sondes permet de ne pas être dépendant de la fréquence desdits signaux.

Enfin, le traitement sur les signaux de tous les couples ou paires de sondes, après échantillonnage spatial, permet de séparer et de localiser les défauts détectés.

D'autres avantages et caractéristiques apparaîtront à la lecture de la description d'un mode de réalisation préféré de l'invention, ainsi que des dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 est une représentation schématique du dispositif de détection et des moyens de traitement selon l'invention.

5 La figure 2 est une vue en perspective d'un dispositif de détection proprement dit selon un mode de réalisation préféré de l'invention.

10 La figure 3 est une représentation schématique et partielle des moyens de détection des défauts.

15 La figure 4 est une courbe représentative du potentiel de la résultante du couple de sondes montées en différentiel en fonction de la distance pour un défaut ponctuel dans un câble.

La figure 5 est une courbe similaire à celle de la figure 4 mais concernant un défaut du type long.

20 Le dispositif de détection de défauts d'un câble 1 est représenté schématiquement sur la figure 1 et comprend des moyens de détection, désignés dans leur ensemble par la référence 2, une roulette 3, solidaire des moyens de détection 2 et se déplaçant sur le câble,  
25 un ensemble électronique ou interface 4 alimenté en énergie électrique à partir d'une source d'alimentation 5, un microordinateur 6 relié à l'interface 4, un enregistreur (facultatif) de signaux 7 relié au microordinateur 6 et enfin une imprimante 8 reliée  
30 également au microordinateur 6.

Un circuit magnétique se refermant sur le câble comprend (figures 2 et 3) deux masses polaires supérieure 8 et inférieure 9 telles que les pôles nord et sud soient en regard de manière à créer des lignes de champ magnétique parallèles à l'axe longitudinal 10 du câble 1.

Les masses polaires 8 et 9 comportent un intervalle 11 ménagé entre les deux extrémités 8a et 9a qui forment couronnes lorsqu'elles sont assemblées. Dans l'intervalle 11 sont disposées deux demi-coquilles 12 et 13, en matériau non ferromagnétique, et qui prennent appui sur des bordures circulaires 14 et 15 des masses polaires 8 et 9. Grâce aux formes des masses polaires 8 et 9, les lignes de champ magnétiques sont canalisées efficacement et les demi-coquilles 12 et 13 peuvent être maintenues convenablement sur lesdites bordures 14 et 15.

Autour de chaque demi-coquille 12 et 13 sont montés deux demi-anneaux ferromagnétiques 16,17 et 18,19, les demi-anneaux supérieurs 16 et 17 étant montés sur la demi-coquille supérieure 12 tandis que les demi-anneaux inférieurs 18 et 19 sont montés sur la demi-coquille inférieure 13. Les demi-anneaux supérieurs 16 et 17 porte chacun des capteurs à effet Hall 20 ou 21, et les demi-anneaux inférieurs 18 et 19 portent chacun des capteurs à effet Hall 22 ou 23. Les capteurs sont régulièrement espacés sur les demi-anneaux et sont associés deux par deux de manière à constituer des paires ou couples de capteurs. C'est ainsi que deux

capteurs 20 et 21, disposés suivant une même génératrice de la demi-coquille supérieure 12, constituent une paire de capteurs. Il en est de même pour les capteurs 22 et 23 de la demi-coquille 5 inférieure 13. De ce fait, on dispose d'un certain nombre de paires de capteurs à effet Hall, chacun des capteurs recueillant le champ de fuite dû aux défauts du câble. Lorsque le dispositif de détection 2 est disposé autour du câble 1, les demi-anneaux associés 10 constituent des anneaux pour les sondes à effet Hall.

Deux capteurs 20,21 ou 22,23 de chaque paire sont séparés par une distance ou espace D et les extrémités des bordures 14 et 15 sont séparées par une 15 distance ou espace E.

Si  $\varnothing$  est le diamètre du câble 1 à contrôler, on a trouvé qu'on obtenait les meilleurs résultats lorsque  $E > D > \varnothing$  et que, dans tous les cas, le rapport  $\frac{E}{D}$  20 devait être compris entre 2 et 4.

L'association des capteurs par paires et le positionnement entre eux le long du câble 1 permet 25 d'obtenir un signal différentiel entre les deux sondes d'une paire, qui est la somme de deux composantes représentatives des deux types de défauts lorsqu'ils sont présents dans ledit câble.

Sur la figure 4, la référence 24 désigne un 30 défaut ponctuel du type rupture de fil du câble 1 et

la courbe 25 représente la tension V en fonction de la distance d. La courbe 25 présente un pic 26 à une certaine distance  $d_1$  sur la câble 1 alors que le reste 27 de la courbe est sensiblement plate.

5

La courbe 28 de la figure 5 est représentative d'un défaut long, du type usure, corrosion, etc..., et elle est étroitement liée à la valeur du flux magnétique circulant dans le câble et varie d'une façon monotone, proportionnellement dans une certaine gamme avec la section du câble.

Il est à noter que les signaux recueillis par chaque capteur peuvent être lus et traités indépendamment les uns des autres mais ils sont de préférence sommés afin d'obtenir une information globale du champ de fuite provoqué par le défaut.

De manière à rendre le signal résultant indépendant de la vitesse de déplacement relative câble-capteurs lors du contrôle du câble, on enregistre la somme des signaux des N paires de capteurs utilisés par échantillonnage spatial, ce qui permet de séparer par filtrage les signaux recherchés. Les défauts ponctuels sont déterminés grâce à l'utilisation d'un filtre passe-haut numérique alors que les défauts du type long sont déterminés grâce à l'utilisation d'un filtre passe-bas numérique.

Le traitement des signaux générés par les capteurs à effet Hall consiste à numériser le signal somme brut de chaque paire de capteurs par l'intermédiaire d'une carte d'acquisition de données, 5 pilotée par les tops d'un générateur d'impulsions entraîné par le câble en mouvement. Les valeurs acquises sont donc indépendantes de la vitesse du câble et l'intervalle de distance entre deux échantillons est donc constant. Dans l'exemple de réalisation représenté 10 sur les dessins, le pas ou distance d'échantillonnage est de 4 mm de câble. Le filtrage numérique qui suit permet d'extraire les composantes utiles des signaux, la réponse du filtre étant constante quelle que soit la vitesse de déplacement du câble dans le dispositif de 15 détection représenté sur les figures 2 et 3.

REVENDICATIONS

1. Dispositif électromagnétique pour la détection d'au moins un défaut (24) dans un câble (1), du type comprenant des moyens de magnétisation (2) disposés autour du câble, des sondes de détection à effet Hall (20,21) disposées sur un anneau autour dudit câble et susceptible de détecter le défaut, des moyens de traitement des signaux délivrés par lesdites sondes de détection et représentatifs du défaut détecté, caractérisé en ce que les sondes de détection (20,21) sont disposées sur au moins deux anneaux ferromagnétiques (16,17 ; 18,19) autour du câble, chaque sonde (20) d'un anneau (16,17) étant associée à une sonde (21) de l'autre anneau (18,19) de manière à former des paires de sondes, et en ce que les anneaux sont séparés par un intervalle (D) permettant d'obtenir, à partir des signaux délivrés par une paire de sondes, un signal différentiel qui est la somme de deux composantes représentatives d'au moins un type de défauts susceptibles d'apparaître dans ledit câble.

20

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la distance entre les anneaux (16,17 ; 18,19) de sondes de détection est inférieure ou égale à la moitié du diamètre ( $\emptyset$ ) du câble.

25

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel les moyens de magnétisation comportent des masses polaires (8,9) séparées par une distance E,

caractérisé en ce que le rapport de la distance (E) entre masses polaires (8,9) à l'intervalle (D) entre anneaux de sondes disposées entre lesdites masses polaires est supérieur à 2.

5

4. Dispositif selon la revendication 3 caractérisé en ce que la valeur du rapport  $k = \frac{E}{D}$  est comprise entre 2 et 4.

10

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que les anneaux de sondes sont disposées autour d'une pièce (12,13) en matériau non ferromagnétique à travers laquelle passe le câble (1).

15

6. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que le traitement consiste à traiter numériquement chaque signal brut délivré par une sonde de détection de manière à pouvoir réaliser un filtrage numérique dont la réponse est constante quelle que soit la vitesse de déplacement du câble dans le dispositif.

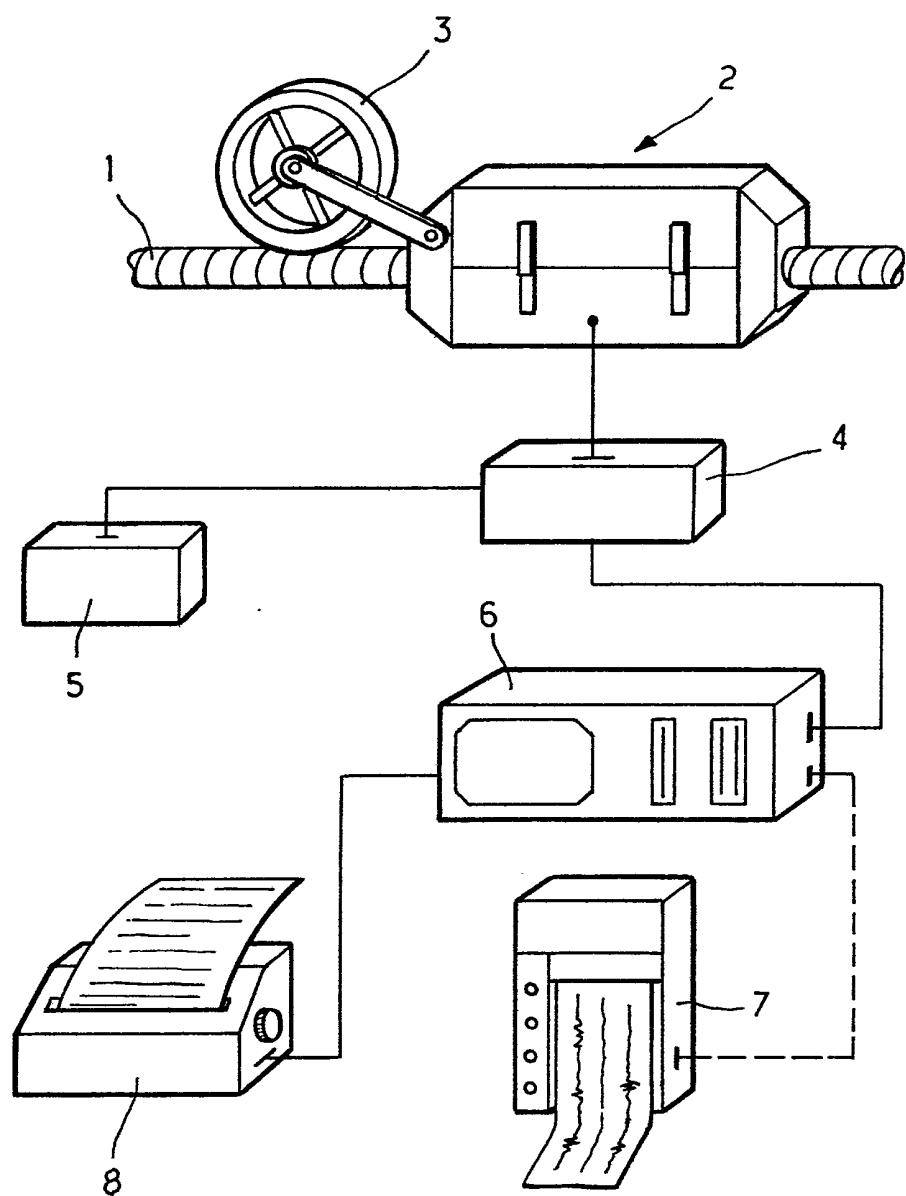
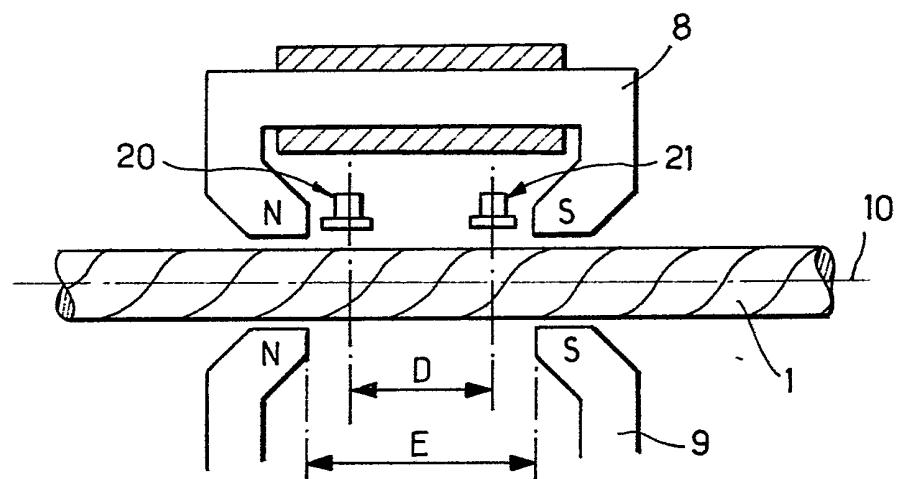
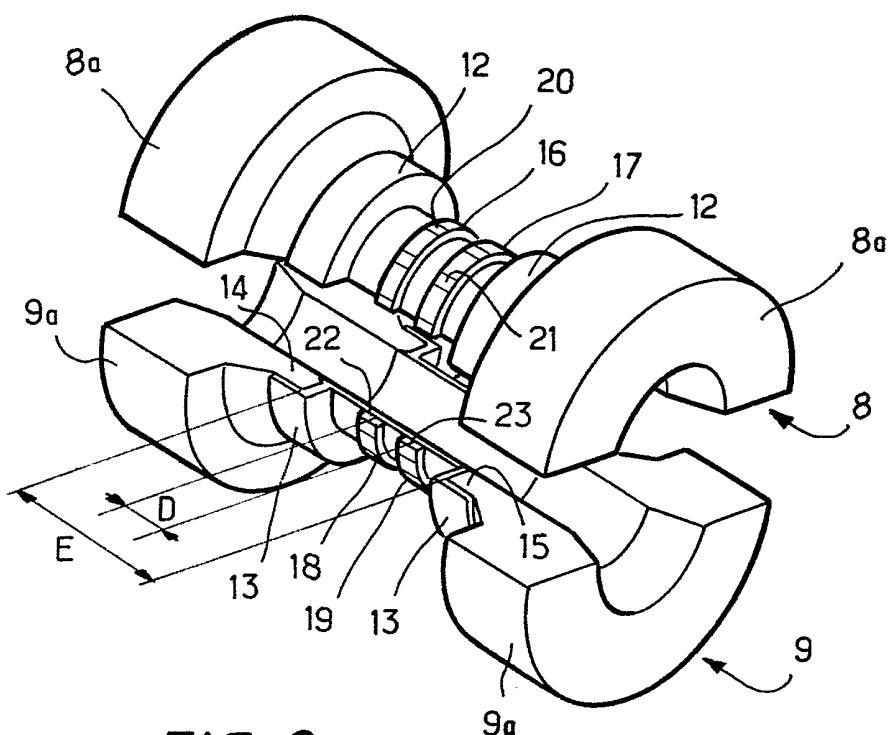


FIG.1

2 / 3



3 / 3

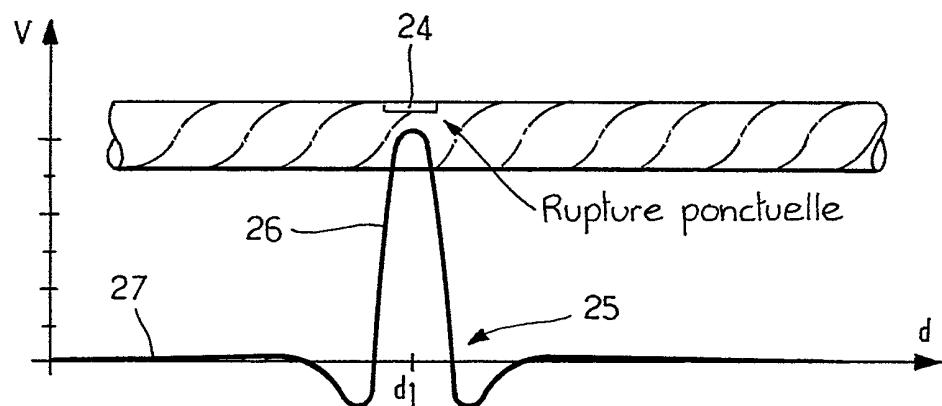


FIG. 4

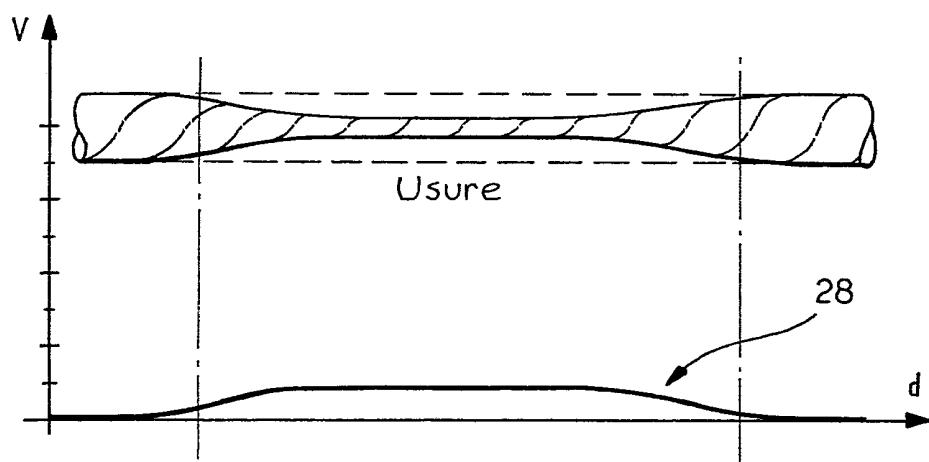


FIG. 5

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

## RAPPORT DE RECHERCHE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
nationalFR 9107875  
FA 460189

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	GB-A-2 071 331 (THOMAS JAMES DALEY-HALL) * abrégé * * page 3, ligne 67 - ligne 89 * * page 3, ligne 97 - ligne 111; revendications 1,9; figure 2 *	1
A	GB-A-2 169 084 (NUKEM GMBH) * abrégé * * page 2, ligne 18 - ligne 43 * * page 2, ligne 110 - page 3, ligne 1; figures 1,8 *	1,6
A	US-A-4 538 107 (VARONE) * abrégé * * figure 1 *	1
A	DE-A-3 904 612 (WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE) * abrégé; figure 1 *	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 6, no. 198 (P-147)(1076) 7 Novembre 1982 & JP-A-57 108 656 ( KAWASAKI SEITETSU ) * abrégé *	1 <div style="border-top: 1px solid black; padding-top: 5px; margin-top: 5px;"> <b>DOMAINES TECHNIQUES</b>  <b>RECHERCHES (Int. Cl.5)</b> </div>
		G01N
1		
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
04 MARS 1992		KEMPF G.V.
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b>		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		