

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 26875

(54) Débitmètre à émission de tourbillons utilisable en particulier dans un puits producteur d'hydrocarbures.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 F 1/32; E 21 B 43/00, 47/00.

(22) Date de dépôt..... 18 décembre 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° 25 du 25-6-1982.

(71) Déposant : Société dite : SOCIETE DE PROSPECTION ELECTRIQUE SCHLUMBERGER, société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Jean-Pierre François Hulin, Claude Raymond Pierre Fierfort et Roger Albert Coudol.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Francis Hagel, service brevets Schlumberger,
42, rue Saint-Dominique, 75340 Paris Cedex 07.

DEBITMETRE A EMISSION DE TOURBILLONS UTILISABLE EN PARTICULIER
DANS UN Puits PRODUCTEUR D'HYDROCARBURES

L'invention concerne un débitmètre conçu pour être inséré et déplacé dans une conduite parcourue dans un fluide, appelé ci-après débitmètre d'insertion. L'invention concerne en particulier un débitmètre d'insertion adapté à l'utilisation dans un puits producteur d'hydrocarbures.

Pour mesurer le débit de fluide dans un puits producteur d'hydrocarbures, on descend un débitmètre dans le puits à l'aide d'un câble électrique à l'extrémité duquel est suspendu l'appareil et qui assure la transmission électrique entre le débitmètre et un équipement de surface.

Les débitmètres utilisés actuellement pour ce type de mesures sont essentiellement des débitmètres à hélice (brevet français No. 2 036 200). Ces appareils bien connus présentent toute une série d'inconvénients.

Sur le plan du principe, il faut noter que la caractéristique fréquence-débit dépend des propriétés du fluide (viscosité, densité), ce qui complique la calibration de l'appareil.

Sur le plan pratique, le fait que l'hélice soit supportée par des paliers est une source de difficultés, car les paliers sont sujets à l'usure et au blocage par le sable éventuellement entraîné par le fluide. Aux forts débits, l'hélice subit une poussée élevée qui se traduit par une usure accélérée des paliers. Cette usure est un facteur d'imprécision important aux faibles débits. En outre, à cause des frottements solides au

niveau des paliers, l'hélice ne commence à tourner qu'à partir d'un débit donné. De ce fait, la caractéristique fréquence-débit ne passe pas par l'origine.

Le besoin s'est donc fait sentir de mettre au point un débitmètre exempt de pièces mobiles et fournissant un rapport fréquence-débit constant et pratiquement indépendant de la viscosité et de la densité du fluide.

Il est connu par le brevet US No. 2 809 520 que les débitmètres à émission de tourbillons remplissent ces conditions.

Dans ces appareils, un obstacle générateur de tourbillons est placé transversalement à la direction de l'écoulement, cet obstacle pouvant avoir différentes formes en section (circulaire, rectangulaire, etc). Les tourbillons sont émis alternativement d'un côté et de l'autre de l'obstacle, avec une fréquence proportionnelle à la vitesse locale du fluide et donc au débit, en formant ce qu'on appelle des allées de tourbillons de Karman dont la période spatiale et la largeur frontale ne dépendent que de la géométrie de l'obstacle. En associant à l'obstacle un capteur sensible au passage des tourbillons, on obtient un signal électrique dont la fréquence est proportionnelle au débit.

Les débitmètres de ce type présentent, sur une large gamme de débits, une caractéristique fréquence-débit d'une excellente linéarité et pratiquement indépendante de la densité et de la viscosité du fluide. Et cette caractéristique ne risque pas d'être affectée après des utilisations répétées étant donné l'absence de pièces mobiles.

Toutefois, le fait que l'obstacle traverse toute la conduite et soit fixé à celle-ci par ses extrémités s'oppose à l'utilisation d'appareils de ce type comme débitmètres d'insertion.

Il existe sur le marché des débitmètres à émission de tourbillons à insertion latérale, qui sont commercialisés par la société Eastech de Edison, New-Jersey, USA, sous les références DS-2620 et DS-2630. Dans ces appareils, l'obstacle traverse diamétralement l'intérieur d'un tube, et des moyens sont prévus pour insérer le tube à l'intérieur de la conduite et l'orienter de façon que son axe soit dirigé suivant l'axe de la conduite.

Cette configuration, analogue dans son principe à celle décrite dans le brevet français No. 2 036 200 pour les débitmètre à hélice, conduit à isoler l'écoulement sur lequel porte la mesure de l'écoulement principal à cause de l'effet de "cheminée" dû au tube. L'écoulement secondaire ainsi créé est souvent peu représentatif de l'écoulement principal en ce qui concerne le profil de vitesses, ce qui fausse la mesure.

De plus, il se produit à partir de l'entrée du tube une turbulence qui est susceptible de perturber l'émission de tourbillons due à l'obstacle.

Par ailleurs, le brevet US No. 3 810 388 indique qu'en cas de conduites à section rectangulaire, l'obstacle doit avoir une longueur inférieure à la dimension correspondante de la conduite, afin que le rapport de la longueur à la largeur frontale de l'obstacle ne dépasse pas une limite déterminée. Il est alors prévu de munir l'obstacle de plaques d'extrémité destinées à empêcher le fluide de s'écouler le long de l'obstacle. Mais la disposition et les dimensions de ces plaques ne sont nullement précisées dans le brevet ci-dessus.

L'invention a pour but de procurer un débitmètre d'insertion à émission de tourbillons ne présentant pas les inconvénients du dispositif connu mentionné ci-dessus, liés à la formation d'un écoulement secondaire séparé de l'écoulement principal.

Selon l'invention, l'obstacle est fixé entre deux plaques parallèles dont les parois intérieures en regard sont sensiblement planes et perpendiculaires à l'obstacle, lesdites plaques s'étendant en aval de l'obstacle sur une longueur au moins égale à la moitié de la période spatiale des allées de tourbillons et ayant une largeur au moins égale à la largeur frontale desdites allées.

L'invention repose sur deux observations. D'une part, une production stable de tourbillons est conditionnée par la présence de parois aux extrémités de l'obstacle. Un obstacle à extrémités libres serait par lui-même incapable de créer des tourbillons stables et d'un niveau satisfaisant. D'autre part, les allées de tourbillons produites de façon stable par un obstacle allongé présentent une structure bidimensionnelle.

Dans ces conditions, les parois intérieures des plaques telles que définies ci-dessus constituent des supports sur lesquels les tourbillons peuvent se former de manière optimale. Cette fonction de support n'est assurée qu'avec les dimensions minimales indiquées qui correspondent, dans le cas d'un obstacle rectangulaire de largeur frontale c , à une longueur aval d'au moins $3,5c$ et une largeur d'au moins $2c$.

Par ailleurs, les plaques forment une structure ouverte, et l'on évite ainsi de fractionner l'écoulement en deux courants distincts, tout en minimisant les turbulences parasites.

L'invention prévoit en outre un dispositif adapté à l'utilisation dans un puits producteur d'hydrocarbures.

Dans ce dispositif, les plaques se prolongent en amont et en aval de l'obstacle sous la forme de longerons fixés par leurs extrémités respectivement à une pièce d'extrémité amont et à une pièce d'extrémité aval qui ferment la section délimitée par les longerons. Des profilés en formes de coin sont disposés entre les longerons de façon symétrique par rapport à l'obstacle, chaque profilé s'amincissant à partir de la pièce d'extrémité respective jusqu'à une arête ou partie d'extrémité parallèle à l'obstacle.

L'une de ces pièces d'extrémité reçoit le capteur, qui est de façon appropriée un capteur de pression différentielle relié par des conduits formés dans les longerons et dans l'obstacle à des orifices prévus sur les faces opposées, parallèles aux longerons, de l'obstacle.

Il est à noter que les longerons, dans cette réalisation, remplissent quatre fonctions distinctes : ils fournissent par leurs faces intérieures un support pour la formation des tourbillons, comme expliqué ci-dessus ; ils supportent l'obstacle qui est fixé entre eux ; ils assurent la solidarité de l'ensemble du dispositif en reliant entre elles les pièces d'extrémité amont et aval et ils portent les conduits de liaison entre le capteur et les orifices de prise de pression sur l'obstacle.

Un tel dispositif est adapté pour l'utilisation dans un puits en production (ce qui suppose entre autres la possibilité de l'introduire par la tête de puits et de le déplacer dans le puits) du fait qu'il peut être réalisé avec un diamètre hors tout très réduit - moins de 45 mm.

L'arrangement symétrique des profilés et des longerons permet au dispositif de fonctionner quel que soit le sens d'écoulement du fluide, donc aussi bien dans un puits producteur que dans un puits injecteur.

L'invention sera bien comprise à la lecture de la description ci-après faite en référence aux dessins annexés.

Dans les dessins

- la figure 1 montre schématiquement un débitmètre d'insertion selon l'invention ;

- la figure 2 est une coupe axiale du dispositif de la figure 1 ;

- la figure 3 montre en perspective un débitmètre selon l'invention conçu pour être utilisé dans un puits producteur d'hydrocarbures ;

- la figure 4 est une vue en coupe selon le plan IV-IV de la figure 3.

Sur la figure 1, la référence 10 désigne une conduite parcourue par un fluide qui s'écoule dans le sens de la flèche F.

Un obstacle générateur de tourbillons 11 est disposé transversalement suivant un diamètre de la conduite 10. L'obstacle 11 est maintenu par une tige 12 qui traverse la paroi de la conduite. Des moyens, non représentés, permettent d'insérer l'obstacle à l'intérieur de la conduite. Ces moyens peuvent être du même type que dans les modèles Eastech DS-2620 et DS-2630 mentionnés ci-dessus.

Des orifices 14, 15 débouchant sur les faces opposées, parallèles à l'écoulement, de l'obstacle 11 sont reliés par des conduits symbolisés en 16, 17 et formés dans l'obstacle et la tige de liaison 12 à un capteur de pression différentielle 18.

Comme les tourbillons sont produits alternativement d'un côté et de l'autre de l'obstacle, la différence de pression entre ces deux côtés mesurée par le capteur varie avec une fréquence égale à la fréquence f d'émission des tourbillons, elle-même proportionnelle au débit Q dans la conduite 10.

Des plaques latérales 20, 21 sont fixées aux extrémités de l'obstacle 11 parallèlement à la direction de l'écoulement. Ces plaques ont pour rôle d'offrir aux tourbillons les "supports" indispensables pour une émission stable. Les tourbillons ont en effet besoin, pour se former convenablement, de se terminer sur des parois et ne peuvent pas avoir d'extrémités libres.

Etant donné qu'un système de tourbillons stable formé d'allées de Karman présente une structure bidimensionnelle, les plaques latérales ont des parois intérieures planes ou au moins sensiblement planes, par exemple très légèrement convexes.

En ce qui concerne la forme en section des plaques 20, 21, il faut éviter les angles vifs susceptibles de créer des tourbillons parasites et prévoir des bords frontaux arrondis.

Par ailleurs, la fonction de "support" assignée aux plaques impose des conditions de dimensions précises, qui sont liées aux paramètres des allées de tourbillons formées en aval de l'obstacle. D'une part, la longueur b des plaques latérales en aval de l'obstacle doit être au moins égale à la moitié de la période spatiale L des allées de tourbillons. D'autre part, la largeur w des plaques latérales doit être au moins égale à la largeur globale d du sillage créé par l'obstacle (si l'on suppose, comme dans le cas représenté, que les plans médians, parallèles à l'écoulement, des plaques et de l'obstacle sont confondus). La période spatiale L et la largeur d dépendent uniquement de la forme de l'obstacle (section rectangulaire, circulaire, etc) et de sa largeur frontale c . Dans le cas d'une section rectangulaire, on aura une longueur aval b d'au moins $3,5c$, et une valeur w d'au moins $2c$.

En outre, il est avantageux que les plaques 20, 21 se prolongent en amont de l'obstacle sur une petite longueur a , égale au moins à $0,75c$ dans le cas d'un obstacle à section rectangulaire. En variante, on peut prévoir une longueur amont nulle pour les

plaques si l'obstacle 11 se prolonge à l'extérieur de l'intervall entre plaques par des tronçons 22, 23 à de même section que l'obstacle et de longueur au moins égale à la largeur frontale. Cette variante est représentée en trait mixte sur la figure 1.

En ce qui concerne la forme de l'obstacle, on préfère utiliser une section rectangulaire. D'autres formes ont été proposées (circulaire, triangulaire, etc), mais les résultats sont moins favorables du point de vue de la linéarité de réponse du débitmètre.

Avec une section rectangulaire, on obtient les meilleurs résultats si le rapport entre la largeur frontale c et la longueur l est compris entre 0,20 et 0,40, et si le rapport entre la largeur frontale c et l'épaisseur e (dimension parallèle à l'écoulement) est d'environ $3/2$.

Il faut souligner que grâce aux plaques 20, 21, la longueur de l'obstacle 11 peut être choisie aussi petite qu'on peut le souhaiter vis-à-vis des dimensions de la conduite 10. Cela permet d'utiliser le même débitmètre dans des conduites de différents diamètres.

En même temps, les plaques 20, 21 ne fractionnent pas l'écoulement en deux courants distincts et ne créent pratiquement pas de turbulences gênant l'émission de tourbillons en aval de l'obstacle.

La figure 3 représente un débitmètre conçu selon le principe exposé ci-dessus, et adapté à la mesure du débit dans un puits producteur d'hydrocarbures, ou un puits injecteur.

Ce dispositif est destiné à être suspendu à l'extrémité d'un câble électrique assurant le déplacement dans le puits et la transmission des signaux produits vers un équipement de surface. Les termes "supérieur" et "inférieur" utilisés ci-après font référence à la position du dispositif introduit dans un puits.

Ce débitmètre comprend deux longerons 30, 31 réunis à leurs extrémités par une partie d'extrémité supérieure 32. Une pièce d'extrémité inférieure 33 est fixée aux extrémités opposées des longerons. La fixation entre les longerons et les parties inférieure et supérieure peut être assurée par des vis, non représentées.

Les pièces d'extrémité 32, 33 sont de section circulaire et les parois extérieures des longerons 30, 31 prolongent exactement cette section circulaire, comme le montre la figure 4. En revanche, les parois intérieures des longerons sont planes et parallèles et la distance qui les sépare est d'environ $0,7 D$, D étant le diamètre de la section circulaire extérieure.

Entre les longerons 30, 31 sont fixés deux obstacles 40, 41 identiques, de section rectangulaire. Les obstacles 40, 41 sont parallèles et placés symétriquement de part et d'autre du plan médian des longerons qui est perpendiculaire à leur grande dimension. La dimension i entre les obstacles est avantageusement comprise entre $4c$ et $6c$, c étant la largeur frontale des obstacles.

Les dimensions des obstacles respectent les proportions indiquées ci-dessus, à savoir que le rapport entre la largeur frontale c et la longueur de chaque obstacle, égale à la distance entre les longerons, vaut entre $0,20$ et $0,40$, de préférence de l'ordre de $0,25$, et le rapport entre la largeur frontale c et l'épaisseur est d'environ $3/2$.

L'obstacle supérieur 40 est muni d'orifices 42, 43 qui sont reliés par des conduits repérés en 44, 45, ménagés dans les longerons et la partie supérieure 32, à un capteur de pression différentielle 46 logé dans la partie supérieure.

Les orifices 42, 43 débouchent sur les faces opposées, parallèles aux longerons, de l'obstacle 40, à proximité de l'arête inférieure de l'obstacle.

L'agencement à deux obstacles assure de façon connue une émission de tourbillons plus forte et plus stable qu'un obstacle unique, en particulier aux faibles débits, et les modulations parasites et les sautes d'amplitude que l'on observe avec un seul obstacle sont pratiquement supprimées.

L'obstacle supérieur 40 comporte deux alésages 48, 49 dirigés suivant sa longueur et formés à partir de ses extrémités opposées. Chaque alésage 48 (resp. 49) se prolonge par une partie de plus petit diamètre qui communique avec l'orifice 42 (resp. 43). Les alésages 48, 49 permettent également d'emboîter l'obstacle sur deux tétons 50, 51 formés respectivement sur les longerons 30, 31. Chaque téton est percé d'un trou central 52 (resp.

53) qui met en communication l'alésage 48 (resp. 49) avec le conduit 44 (resp. 45) formé dans le longeron 30 (resp. 31). Chaque téton comporte en outre une gorge recevant un joint d'étanchéité 54.

L'obstacle inférieur 41 est assemblé de la même manière que l'obstacle 40 sur des tétons liés aux longerons, mais ne comporte pas d'orifices.

Chacune des parties d'extrémité 32, 33 se prolonge en direction des obstacles par un profilé en coin 58 qui s'étend entre les longerons. Les profilés 58 constituent une structure symétrique par rapport aux obstacles 40, 41. Chaque profilé 58 s'amincit à partir de la partie d'extrémité respective jusqu'à une arête 59 parallèle aux obstacles et située dans leur plan médian parallèle aux longerons. La distance j entre chaque arête 59 et l'obstacle adjacent est de façon appropriée égale au moins à l'intervalle i entre obstacles et de préférence au double de cet intervalle.

Les profilés 58 permettent de minimiser les turbulences parasites dues au décollement de couche limite sur la partie d'extrémité située en amont des obstacles. Cette réduction des turbulences sera d'autant plus marquée que l'angle au sommet des profilés est plus petit, mais un angle très petit conduit à un allongement excessif du dispositif, préjudiciable du point de vue de la résistance mécanique d'ensemble et aussi pour des raisons d'encombrement. Un compromis favorable est obtenu avec un angle au sommet d'environ 10° .

Au lieu de profilés de section triangulaire se terminant par des arêtes vives, on peut également envisager, pour réduire l'encombrement, une forme tronquée, donc une section trapézoïdale pour les profilés, l'angle au sommet restant le même.

On notera que, grâce à la symétrie parfaite de la géométrie des obstacles 40, 41 et des profilés 58, le dispositif de la figure 3 est adapté du point de vue hydraulique aussi bien à un puits producteur (fluide circulant vers le haut) qu'à un puits injecteur (fluide circulant vers le bas).

En ce qui concerne la mesure proprement dite, l'adaptation est moins bonne pour un puits injecteur puisqu'alors l'obstacle amont est l'obstacle supérieur 40 et que l'obstacle inférieur 41 ne joue aucun rôle. On peut remédier facilement à cet état de chose en prévoyant que les obstacles peuvent être intervertis, ce qui implique en outre que les conduits 44, 45 se prolongent jusqu'au niveau de l'obstacle inférieur. Une manière simple de réaliser cette intervention consiste à utiliser deux obstacles identiques, tous deux munis d'orifices en communication avec les conduits 44, 45, et à obturer les orifices de l'obstacle amont au moyen de bouchons démontables.

Le capteur de pression différentielle 46 peut être constitué par un capteur magnétique à reluctance variable tel que le dispositif DP 9 vendu par la société Validyne de Northridge, Californie, U.S.A. Il est placé à l'intérieur d'une chambre remplie de fluide inerte et mise en équilibre de pression avec le fluide du puits par un piston de compensation. Cet agencement est courant dans les dispositifs de diagraphie pour forage pétrolier et il est inutile de le décrire ici plus en détail.

Le signal de sortie du capteur 46 a une fréquence proportionnelle au débit de fluide dans le puits. L'extraction de la fréquence à partir dudit signal peut être effectuée à l'aide de circuits électroniques classiques logés dans la partie supérieure du dispositif.

Des organes de centrage, non représentés, sont également montés de façon classique sur le dispositif pour le maintenir centré par rapport aux parois (tubage ou colonne de production) du puits.

REVENDICATIONS

1. Dispositif pour mesurer le débit du fluide s'écoulant dans un puits producteur d'hydrocarbures, caractérisé par le fait qu'il comprend une partie supérieure (32) agencée pour être reliée à un câble de transmission, deux longerons parallèles (30, 31) dirigés suivant l'écoulement, fixés à la partie supérieure (32) et présentant deux faces en regard sensiblement planes, une partie inférieure (33) fixée aux extrémités des longerons, au moins un obstacle générateur d'allées de tourbillons (40) fixé transversalement entre les longerons, et un capteur (46) sensible au passage des tourbillons créés par l'obstacle et relié au câble de transmission, ledit capteur produisant un signal dont la fréquence est représentative du débit, lesdites faces des longerons (30, 31) s'étendant en aval de l'obstacle sur une longueur au moins égale à la moitié de la période spatiale des allées de tourbillons et ayant une largeur au moins égale à la largeur du sillage formé par ces allées de tourbillons.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la partie supérieure (32) et la partie inférieure (33) ferment la section définie entre les longerons (30, 31) et des moyens (58) sont prévus pour minimiser le décollement de couche limite sur les parties supérieure et inférieure.

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé par le fait que lesdits moyens comprennent deux profilés (58) en forme de coin s'étendant entre les longerons (30, 31) respectivement à partir de la partie supérieure et de la partie inférieure et s'amincissant en direction de l'obstacle (40, 41) jusqu'à une arête ou surface terminale (59) parallèle à celui-ci, les profilés (58) étant symétriques par rapport à l'obstacle.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé par le fait que les profilés (58) ont un angle au sommet d'environ 10°.

5 5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que le capteur (46) est un capteur de pression différentielle logé dans la partie supérieure (32), qui est relié à deux orifices (42, 43) débouchant sur les faces opposées parallèles à l'écoulement, de l'obstacle (40) par l'intermédiaire de conduits respectifs (44, 45) ménagés dans
10 les longerons (30, 31).

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé par le fait que l'obstacle (40, 41) est emboîté sur des tétons (50, 51) formés ou fixés sur les faces intérieures des longerons (30, 31).

15 7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait qu'il est prévu un second obstacle (41) placé entre les longerons en amont du premier (40), les deux obstacles ayant des sections rectangulaires identiques.

20 8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé par le fait que la distance i séparant les deux obstacles est comprise entre 4 c et 5 c , c étant la largeur frontale de la section de chaque obstacle.

1/2

FIG. 1

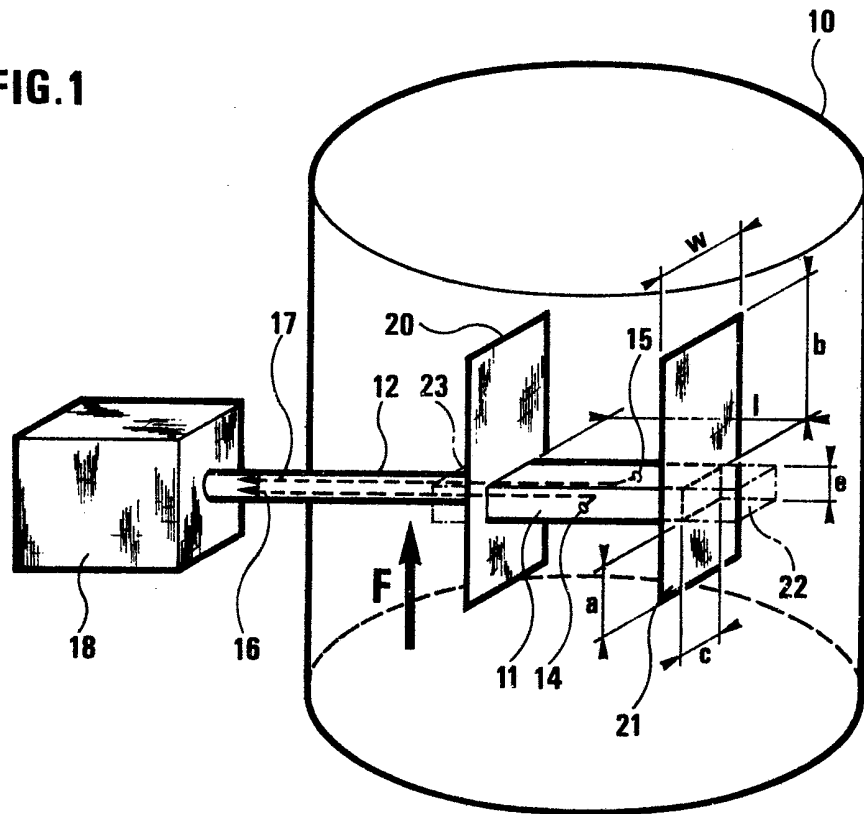
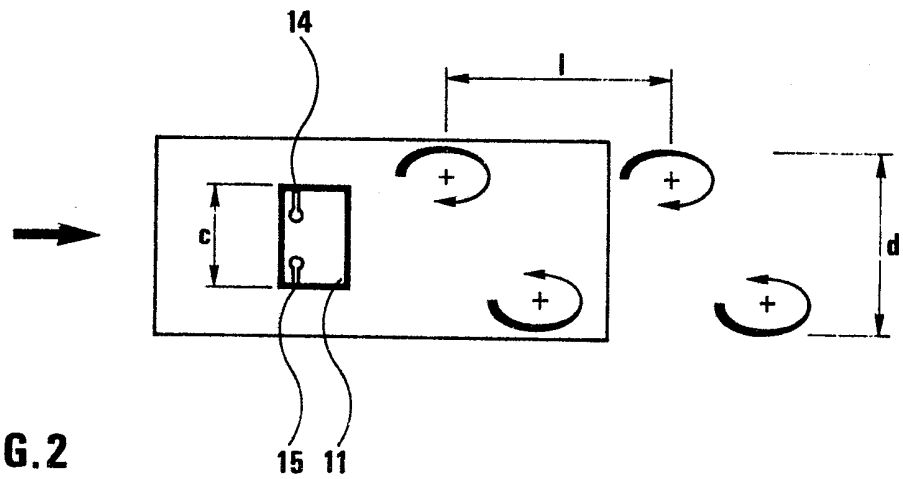


FIG. 2



2/2

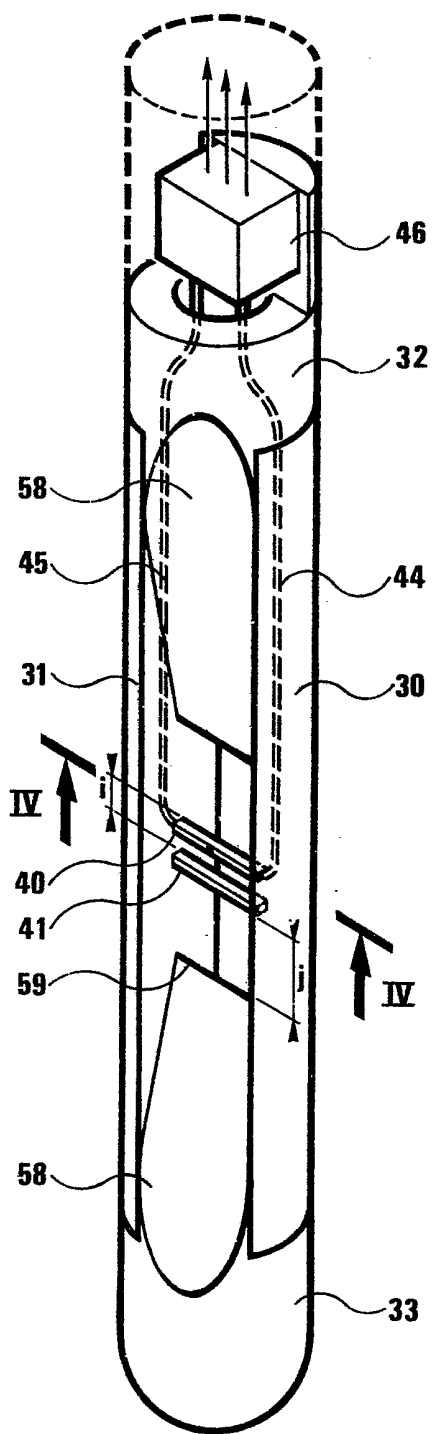


FIG. 3

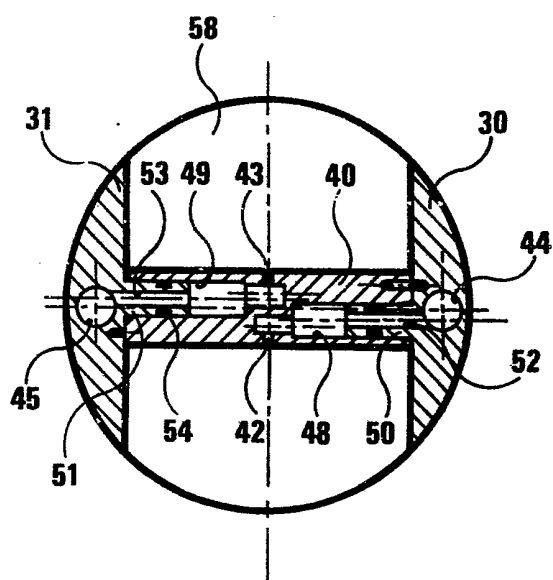


FIG. 4