

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 10.07.98.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 14.01.00 Bulletin 00/02.

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

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : FAURE HERMAN — FR.

72) Inventeur(s) : CERTON DOMINIQUE, MONOD CEDRIC, PABOIS DIDIER, PATAT FREDERIC et REMENIERAS JEAN PIERRE.

73) Titulaire(s) :

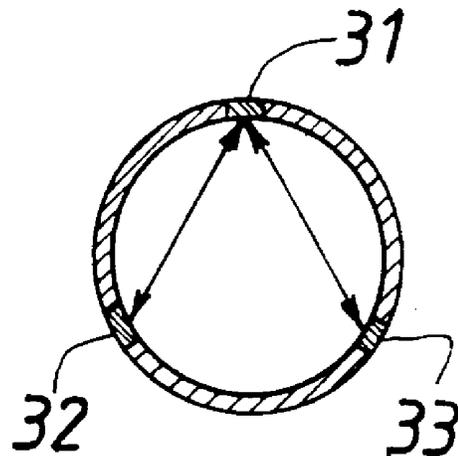
74) Mandataire(s) : CABINET HIRSCH.

54) DEBITMETRE A ULTRASONS MULTICORDE.

57) L'invention concerne un dispositif de mesure à ultrasons; pour diminuer les erreurs de mesure et le nombre de transducteurs, l'invention propose de prévoir au moins trois transducteurs (31, 32, 33) formant au moins deux ensembles (31; 32, 33) de chacun au moins un transducteur, les ensembles étant décalés les uns par rapport aux autres en direction de l'axe principal de l'écoulement du fluide. L'invention est caractérisée en ce que le diagramme de rayonnement d'au moins un transducteur (31) d'au moins un des ensembles recouvre au moins deux transducteurs (32, 33) de l'autre ensemble.

L'invention permet de diminuer le nombre de transducteurs, tout en améliorant la qualité de la mesure.

Application à la mesure des vitesses et des débits d'écoulement.



## DÉBITMÈTRE A ULTRASONS MULTICORDE

La présente invention concerne un dispositif de mesure de l'écoulement d'un fluide en phase liquide ou gazeuse, et plus particulièrement un dispositif de mesure de débit utilisant des ondes ultrasonores.

Les mesures de débit sont utilisées dans les applications de comptage et de mesures instantanées d'écoulements de fluides en phase liquide ou gazeuse et par exemple pour le comptage transactionnel de fluides. L'information utile fournie par le système de mesures peut être la valeur instantanée ou débit instantané, la valeur moyennée dans le temps ou débit moyen, ou un volume compté entre deux repères de temps. Les mesures de débit instantané ou moyenné sont plus particulièrement utilisées dans les processus de production pour lesquels il est nécessaire de connaître, contrôler ou réguler le débit d'un ou de plusieurs fluides intervenants dans le processus. Les mesures de volumes, résultant de l'intégration des mesures de débits sur un intervalle de temps défini permettent de réaliser des comptages notamment utilisés pour des remplissages et/ou vidanges de bac, ainsi que pour des transactions de volumes de fluides entre client et fournisseur. La valeur du volume ainsi transféré doit de préférence être suffisamment précise pour être utilisée, notamment, dans le calcul des taxes relatives à cette transaction.

Par ailleurs, le système de mesure de débit se présente avantageusement comme un ensemble autonome ne nécessitant d'autre apport qu'une source d'énergie électrique de type batterie d'accumulateurs ou distribution standard en tension alternative 50 ou 60 Hz.

Dans le domaine de la débitmétrie en général et de la métrologie des fluides en particulier, de nombreuses techniques utilisant des dispositifs à ultrasons ont été proposées. La plupart de ses systèmes utilisent la méthode dite du temps de transit. La figure 1 montre un schéma de principe d'un débitmètre de l'art antérieur, du type monocorde. Des premier et deuxième transducteurs ultrasonores 1 et 2 sont disposés sur le bord d'une conduite 3 à travers laquelle s'écoule un fluide dans une direction symbolisée par une flèche 4. Dans l'exemple de la figure 1, la conduite est cylindrique de section circulaire, et les deux transducteurs sont disposés sur des génératrices diamétralement opposées. En outre, les deux transducteurs sont décalés le long de la conduite 2. La ligne joignant les centres des transducteurs 1 et 2 est appelée corde. Elle fait un angle  $\theta$  avec l'axe principal de l'écoulement, qui est l'axe de révolution de la conduite dans l'exemple de la figure 1. La longueur de la corde est notée L et le diamètre intérieur de la conduite est notée D. Si le premier transducteur 1 émet une onde ultrasonore, celle-ci est détectée après propagation par le deuxième transducteur 2 à l'issue d'un décalage temporel  $T_{12}$  appelé temps de transit. Si c est la célérité du son

dans le fluide, et  $V$  la vitesse moyenne du fluide le long de la corde,  $T_{12}$  est donné par la relation:

$$T_{12} = L/(c + V\cos\theta) \quad (1)$$

En inversant le rôle de chacun des deux transducteurs, le deuxième transducteur  
5 2 devenant émetteur et le premier transducteur 1 récepteur, on mesure un temps de transit  $T_{21}$ , qui vérifie:

$$T_{21} = L/(c - V\cos\theta) \quad (2)$$

La combinaison des relations (1) et (2) permet d'obtenir une expression de la  
10 vitesse moyenne  $V$  le long de l'axe longitudinal de la conduite, en éliminant la variable  $c$ . Dans la mesure où l'on ne connaît pas nécessairement la célérité du son dans le fluide avec une grande précision, et comme sa valeur dépend de la nature, de la température et de la pression de ce milieu en mouvement, on peut ainsi éviter ainsi une source d'erreur. La vitesse moyenne  $V$  s'écrit alors:

$$V = L.(T_{21} - T_{12})/(2\cos\theta.T_{12}T_{21}) \quad (3)$$

15 L'expression du débit,  $Q$ , s'obtient en multipliant la vitesse moyenne  $V$ , calculée selon (3) par la section débitante  $\pi D^2/4$ , pour une section circulaire, et en tenant compte le cas échéant de certains facteurs correctifs discutés ci-après.

$$Q = \frac{T_{21} - T_{12}}{(T_{12} - T_1)(T_{21} - T_2)} \times \frac{\pi.L.D^2}{8.\cos\vartheta} \times K_h \quad (4)$$

Dans cette formule,  $T_1$  et  $T_2$  sont respectivement les durées de propagation de  
20 l'onde ultrasonore dans la partie non débitante de l'écoulement, extérieure au diamètre  $D$ , pour les trajets du premier transducteur au deuxième, et du deuxième transducteur au premier.  $T_1$  et  $T_2$  sont égaux sauf dans le cas particulier où il existerait un mouvement dans ces zones non débitantes. Ces temps correspondent en particulier au temps mis par l'onde ultrasonore pour traverser les différentes couches de matériaux  
25 constituant le transducteur et la zone de raccordement entre le transducteur et la veine fluide.

$K_h$  est le coefficient hydraulique du débitmètre à ultrasons. Il est destiné à  
corriger l'échantillonnage lors de la mesure. En effet, le principe de différence de temps de transit fournit une mesure de la vitesse moyenne de l'écoulement le long de la  
30 corde de mesure reliant les transducteurs. Cette corde n'est pas forcément représentative de la surface totale débitante. Il apparaît donc une erreur du débit calculé qui dépend du profil de vitesse réel au sein de la section débitante. Le coefficient  $K_h$  est utilisé afin de corriger cette erreur. Ce coefficient est généralement fixé après une mesure en laboratoire.

35 Ce type de débitmètre présente les inconvénients suivants. Dans la mesure où le débitmètre ne procède à la mesure que sur une seule corde, généralement diamétrale comme dans l'exemple de la figure 1, il ne peut pas garantir une précision de mesure

sur une grande étendue de débits et de nombres de Reynolds. Le nombre de Reynolds, connu par l'homme de l'art, permet de décrire le degré de turbulence de l'écoulement d'un fluide. La figure 2 montre à titre d'exemple une vue en section transversale du débitmètre de la figure 1, avec les lignes d'iso-vitesse axiale pour un débit asymétrique; ces lignes sont formées des points dont la vitesse axiale est identique. La figure 2  
5 montre un exemple d'écoulement pour lequel la projection de la corde de mesure dans un plan orthogonal à l'axe de la conduite n'est pas un axe de symétrie des lignes d'iso-vitesse; la mesure du débit, pour un tel écoulement, en utilisant un débitmètre monocorde, ne prend pas en compte la vitesse maximale de l'écoulement, et fournit  
10 une valeur de mesure inférieure à la vitesse réelle. Par conséquent le débit estimé à partir de cette mesure de vitesse est aussi erroné.

La figure 3 montre une autre vue en section transversale du débitmètre de la figure 1, avec des lignes de courant; comme le montre la figure 3, l'écoulement est tourbillonnaire, avec un tourbillon de chaque côté de la corde de mesure. De tels  
15 écoulements tourbillonnaire peuvent être générés par des coudes simples ou multiples dans la conduite menant au débitmètre. Comme dans le cas de la figure 2, la mesure de vitesse ou de débit fournie par un débitmètre monocorde est erronée.

Il a donc été proposé des systèmes multi-cordes parallèles pour minimiser ces effets de dissymétrie du profil axial. Ces systèmes permettent un échantillonnage plus  
20 fin et donc plus précis. La figure 4 montre une vue en section transversale d'un débitmètre multicorde de l'art antérieur, utilisant quatre paires de transducteurs, du type décrit dans le document de F. Multon, "Mesures des débits par méthode ultrasonore", La Houille Blanche, n°7-1994. Le débitmètre de la figure 4 comprend quatre paires de transducteurs 11 à 18, disposés le long de la conduite 20. Les transducteurs sont  
25 associés par paire de sorte qu'à chaque transducteur en amont correspond un seul transducteur en aval, que ce soit en visée directe ou après réflexion sur la paroi interne de la manchette de mesure. On obtient ainsi quatre cordes de mesure 21 à 24, parallèles, au prix d'une multiplication du nombre de transducteurs, 8 dans l'exemple de la figure 4, inclus dans le débitmètre. Dans ce type de système, la vitesse moyenne  
30 débitante est calculée comme la moyenne pondérée des vitesses mesurées le long de chacune des cordes. Ce débitmètre permet de corriger les valeurs erronées fournis dans le débitmètre de la figure 1, dues à l'asymétrie du profil d'écoulement. Le débitmètre de la figure 4 permet de fournir une valeur plus précise pour la mesure de la vitesse ou du débit d'écoulement que ceux du type des figures 2 et 3. Toutefois, ce type de  
35 solution implique une multiplication du nombre de transducteurs, et est pénalisant du point de vue du coût. Par ailleurs, avec le nombre de transducteurs croît également le coût du débitmètre, celui de la maintenance et la fréquence des interventions. Le nombre de transducteurs devient donc rapidement limitant. En outre, ce type de

débitmètre ne permet pas nécessairement de mesurer avec certitude le débit ou la vitesse dans des conditions d'écoulement plus complexes, par exemple des profils de flux tourbillonnaires ou autrement non uniformes.

Enfin, les systèmes de mesure du type de ceux des figures 1 à 4 peuvent  
5 présenter un problème dans le cas d'écoulements tourbillonnaires. Dans de tels cas, certaines composantes non débitantes du champ de vitesse seront prises en compte par la mesure le long d'une simple corde, ou le long de chacune des cordes parallèles et donneront lieu à une erreur systématique sur le résultat de la mesure.

L'invention propose une solution au problème nouveau de la mesure précise et  
10 fiable du débit ou de la vitesse des écoulements tourbillonnaires. Elle propose encore une solution au problème nouveau de la prise en compte de composantes non débitantes dans la mesure du débit ou de la vitesse. Elle permet d'améliorer les performances des débitmètres de l'état de la technique, en augmentant le nombre de cordes de mesure tout en limitant le nombre de transducteurs.

15 Plus précisément, l'invention propose un dispositif de mesure par ultrasons du déplacement d'un fluide dans une conduite, comprenant au moins trois transducteurs formant au moins deux ensembles de chacun au moins un transducteur, les ensembles étant décalés les uns par rapport aux autres en direction de l'axe principal de l'écoulement du fluide, caractérisé en ce que le diagramme de rayonnement d'au moins  
20 un transducteur d'au moins un des ensembles recouvre au moins deux transducteurs de l'autre ensemble.

Dans un mode de réalisation, les ensembles comprennent le même nombre de transducteurs.

On peut aussi prévoir que chaque transducteur se trouve dans le diagramme de  
25 rayonnement des transducteurs se trouvant dans son propre diagramme de rayonnement.

De préférence, les transducteurs de chacun des groupes sont répartis régulièrement sur la périphérie d'une section transversale de la conduite.

Dans un mode de réalisation, les transducteurs de l'un des groupes sont des  
30 images des transducteurs de l'autre groupe dans une translation parallèlement à l'écoulement du fluide.

Avantageusement, le dispositif comprend deux couples de transducteurs définissant chacun une corde de mesure, et en ce que la somme vectorielle des projections des dites cordes sur la section transversale de la conduite est nulle.

35 De préférence, le dispositif comprend un système de tranquillisation de l'écoulement en amont des ensembles de transducteurs.

L'invention concerne aussi un procédé de mesure par ultrasons du déplacement d'un fluide dans une conduite, à l'aide d'au moins trois transducteurs formant au

moins deux ensembles de chacun au moins un transducteur, les ensembles étant décalés les uns par rapport aux autres en direction de l'axe principal de l'écoulement du fluide, caractérisé par l'émission d'un signal ultrasonore depuis au moins un transducteur et par la réception de ce signal sur au moins deux transducteurs de l'autre ensemble.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit de modes de réalisation de l'invention, donnée à titre d'exemple et en référence aux dessins annexés, qui montrent

- 10 - figure 1 un schéma de principe d'un débitmètre de l'art antérieur, du type monocorde;
- figure 2 une vue en section transversale du débitmètre de la figure 1, avec les lignes d'iso-vitesse axiale pour un débit asymétrique;
- figure 3 une autre vue en section transversale du débitmètre de la figure 1, avec des lignes de courant;
- 15 - figure 4 une vue en section transversale d'un débitmètre multicorde de l'art antérieur, utilisant quatre paires de transducteurs;
- figure 5 une vue en section axiale du débitmètre selon un premier mode de réalisation de l'invention;
- figure 6 une vue en section transversale du débitmètre de la figure 5;
- 20 - figure 7 une vue en section axiale du débitmètre selon un deuxième mode de réalisation de l'invention;
- figure 8 une vue en section transversale du débitmètre de la figure 7.
- figure 9 une vue en section axiale du débitmètre selon un troisième mode de réalisation de l'invention;
- 25 - figure 10 une vue en section transversale du débitmètre de la figure 9;
- figure 11, une vue dans le plan d'une corde de mesure du dispositif de la figure 7.

Les figures 5 et 6 montrent un premier mode de réalisation de l'invention. La figure 5 montre une vue en section axiale du débitmètre de l'invention, et la figure 6 montre une vue en section transversale du débitmètre. Le débitmètre de la figure 5 comprend trois transducteurs 31, 32, 33, constituant deux groupes de transducteurs espacé le long de la conduite 30; le premier groupe comprend le premier transducteur 31 et le deuxième groupe comprend les deuxième et troisième transducteur 32 et 33.

Comme le montre la figure 6, en projection sur la section transversale de la conduite, les transducteurs sont régulièrement répartis sur la circonférence de la conduite.

Selon l'invention, le diagramme de rayonnement d'au moins un des transducteurs d'un des groupes recouvre au moins deux des transducteurs de l'autre

groupe. Ceci permet d'obtenir un rapport entre le nombre de cordes et le nombre de transducteurs supérieur à 0,5. On limite ainsi le coût du dispositif. On limite aussi le nombre de transducteurs, sans pour autant diminuer le nombre de cordes; par ailleurs, les cordes selon l'invention ne sont pas parallèles; on évite ainsi les problèmes posés par les débitmètres monocordes, sans devoir multiplier le nombre de cordes.

Dans le débitmètre des figures 5 et 6, la mesure s'effectue de la façon suivante; on émet un signal depuis le premier transducteur 31, qui est reçu par les deuxième et troisième transducteurs 32 et 33; on mesure les temps de transit  $T_{12}$  et  $T_{13}$ ; on procède ensuite successivement à l'émission de signaux depuis les deuxième et troisième transducteurs 32 et 33, et on mesure les temps de transit respectifs  $T_{21}$  et  $T_{31}$  jusqu'au premier transducteur 31. A l'aide de ces temps de transit, on calcule la vitesse ou le débit, à l'aide des formules mentionnées plus haut.

La figure 7 et la figure 8 montrent des vues en section axiale et transversale de débitmètres selon un autre mode de réalisation de l'invention; le débitmètre de ces figures comprend six transducteurs 41 à 46 formant deux groupes de trois transducteurs chacun, espacés le long de la conduite 40. Les transducteurs de chacun des groupes de transducteurs sont régulièrement répartis sur la périphérie de la conduite. Les transducteurs d'un des groupes présentent un diagramme de rayonnement qui recouvre au moins deux des transducteurs de l'autre groupe. Ainsi, le diagramme de rayonnement du transducteur 41 du premier groupe recouvre les transducteurs 45 et 46 du deuxième groupe, i. e. l'ensemble des transducteurs du deuxième groupe à l'exception du transducteur 44 qui est situé sur la même génératrice.

Le dispositif des figures 7 et 8 permet de générer, avec six transducteurs, six cordes de mesure. Le fonctionnement du dispositif des figures 7 et 8 est le suivant; on émet successivement des signaux depuis chacun des transducteurs du premier groupe, puis depuis chacun des transducteurs du deuxième groupe. On mesure ainsi les durées de propagation depuis chacun des transducteurs vers les deux autres transducteurs de l'autre groupe qui sont couverts par son diagramme de rayonnement. La détermination des durées  $T_{15}$  et  $T_{16}$ ,  $T_{24}$  et  $T_{26}$ ,  $T_{34}$  et  $T_{35}$ , d'une part,  $T_{42}$  et  $T_{43}$ ,  $T_{51}$  et  $T_{53}$ ,  $T_{61}$  et  $T_{62}$  fournit à l'aide des formules (3) ou (4) mentionnées plus haut, six valeurs de la vitesse ou du débit; la moyenne de ces valeurs donne une mesure de la vitesse ou du débit plus précise et fiable que les dispositifs connus.

L'invention permet de réduire les variations du coefficient  $K_h$  en fonction du débit  $Q$ . On obtient lors de l'étalonnage d'un appareil selon l'invention une variation du coefficient  $K_h$  en fonction du débit qui est inférieure à 0,5 %, pour des valeurs de débit entre 60 et 500  $m^3/h$ .

Les figures 9 et 10 montrent des vues en section axiale et transversale de débitmètres selon un autre mode de réalisation de l'invention; le débitmètre de ces figures comprend douze transducteurs 51 à 62 formant deux groupes de six transducteurs chacun, espacés le long de la conduite 50. Les transducteurs de chacun  
5 des groupes de transducteurs sont régulièrement répartis sur la périphérie de la conduite. Les transducteurs d'un des groupes présentent un diagramme de rayonnement qui recouvre au moins deux des transducteurs de l'autre groupe, et plus précisément dans le cas des figures, trois des transducteurs de l'autre groupe. Ainsi, le diagramme de rayonnement du transducteur 51 du premier groupe recouvre les  
10 transducteurs 59 à 61 du deuxième groupe, i. e. les transducteurs du deuxième groupe à l'exception du transducteur 57 qui est situé sur la même génératrice et des deux transducteurs adjacents.

Le dispositif des figures 9 et 10 permet de générer, avec douze transducteurs, dix-huit cordes de mesure. Le fonctionnement du dispositif des figures 9 et 10 est  
15 analogue à celui des figures 7 et 8, de sorte qu'il n'est pas nécessaire de le décrire plus en détail.

Dans le cas des dispositifs des figures 7 à 10, à chaque corde de mesure correspond une corde dite corde croisée, qui se situe dans le même plan parallèle à l'axe de la conduite. La figure 11 montre la corde entre les transducteurs 41 et 45, dans  
20 le dispositif des figures 7 et 8, et sa corde croisée, entre les transducteurs 42 et 44. Le plan de la figure 11 est le plan contenant les quatre transducteurs 41, 42, 44 et 45. La présence de cordes croisées permet d'éviter l'inconvénient suivant des systèmes connus: dans le cas d'écoulements tourbillonnaires, ou d'écoulements complexes, tels que ceux représentés sur la figure 11, certaines composantes non débitantes du champ  
25 de vitesse sont prises en compte par la mesure le long d'une simple corde, telle que la corde entre les transducteurs 41 et 45. La mesure le long de la corde donne ainsi lieu à une erreur systématique sur le résultat de la mesure. L'invention propose, pour remédier à cet inconvénient, d'effectuer la moyenne de la mesure sur deux cordes dont la projection est la même sur la section transversale de la conduite, mais sur lesquelles  
30 les mesures sont effectuées dans des directions opposées; dans l'exemple de la figure 11, les cordes entre les transducteurs 41 et 45, d'une part, et entre les transducteurs 42 et 44 d'autre part constituent deux cordes de ce type, appelées ici cordes croisées. En d'autres termes, les projections de ces deux cordes sur la section transversale de la conduite sont des vecteurs opposés. Comme on peut le voir sur la figure 11, les  
35 erreurs provoquées par les flux non-débitants sur ces deux cordes sont opposées; le moyennage des valeurs mesurées sur les deux cordes permet de s'affranchir de l'erreur. Dans le cas de la figure 11, les transducteurs forment un rectangle; dans la

mesure où les flux non débitants restent stables sur la longueur de mesure, les transducteurs pourraient former un trapèze.

On pourrait aussi, de façon complémentaire ou en substitution, utiliser systématiquement un tranquilliseur d'écoulement en amont du débitmètre. Ceci a pour effet de réduire la taille moyenne des tourbillons existant dans le fluide et ainsi de diminuer la composante de vitesse non débitante intégrée le long d'une corde, et permet ainsi d'éviter les problèmes de l'art antérieur.

L'invention permet ainsi une mesure plus précise et plus fiable que celle de l'art antérieur, en limitant le nombre de transducteurs.

10 Bien entendu, la présente invention est susceptible de nombreuses variations, par rapport aux exemples de réalisation décrits en référence aux figures. Ainsi, la conduite peut être une conduite de tout type, taille et matériau utilisé dans la pratique, et ne présente pas nécessairement une section circulaire. De la même façon, la position des transducteurs sur la conduite peut varier en fonction de la répartition souhaitée des  
15 cordes de mesure. Le choix du nombre et de la géométrie des transducteurs, comme de leur mode de fixation sur la conduite, pourra dépendre du type d'écoulement à mesurer, c'est-à-dire de la nature du fluide, sa température, viscosité, vitesse, pression etc. ainsi que du type et de la géométrie de la conduite, c'est-à-dire de son diamètre, rugosité de ses parois, présence de coudes ou de tout autre type d'irrégularités. On  
20 pourra utiliser des transducteurs piézo-électriques connus en soi de l'homme du métier.

Enfin, l'invention a été décrite en référence à un débitmètre à ultrasons; elle s'applique plus généralement à d'autres types de mesure, par exemple une mesure de vitesse.

## REVENDEICATIONS

- 1.- Dispositif de mesure par ultrasons du déplacement d'un fluide dans une conduite, comprenant au moins trois transducteurs (31, 32, 33) formant au moins deux ensembles 31; 32, 33) de chacun au moins un transducteur, les ensembles étant décalés les uns par rapport aux autres en direction de l'axe principal de l'écoulement du fluide, caractérisé en ce que le diagramme de rayonnement d'au moins un transducteur (31) d'au moins un des ensembles recouvre au moins deux transducteurs (32, 33) de l'autre ensemble.
- 2.- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les dits ensembles comprennent le même nombre de transducteurs.
- 3.- Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que chaque transducteur se trouve dans le diagramme de rayonnement des transducteurs se trouvant dans son propre diagramme de rayonnement.
- 4.- Dispositif selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que les transducteurs de chacun des groupes sont répartis régulièrement sur la périphérie d'une section transversale de la conduite.
- 5.- Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les transducteurs de l'un des groupes sont des images des transducteurs de l'autre groupe dans une translation parallèlement à l'écoulement du fluide.
- 6 - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'il comprend deux couples (41, 45; 42, 44) de transducteurs définissant chacun une corde de mesure, et en ce que la somme vectorielle des projections des dites cordes sur la section transversale de la conduite est nulle.
- 7.- Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par un système de tranquillisation de l'écoulement en amont des ensembles de transducteurs.
- 8.- Procédé de mesure par ultrasons du déplacement d'un fluide dans une conduite, à l'aide d'au moins trois transducteurs (31, 32, 33) formant au moins deux ensembles de chacun au moins un transducteur, les ensembles étant décalés les uns par rapport aux autres en direction de l'axe principal de l'écoulement du fluide, caractérisé

par l'émission d'un signal ultrasonore depuis au moins un transducteur (31) et par la réception de ce signal sur au moins deux transducteurs (32, 33) de l'autre ensemble.

1/2

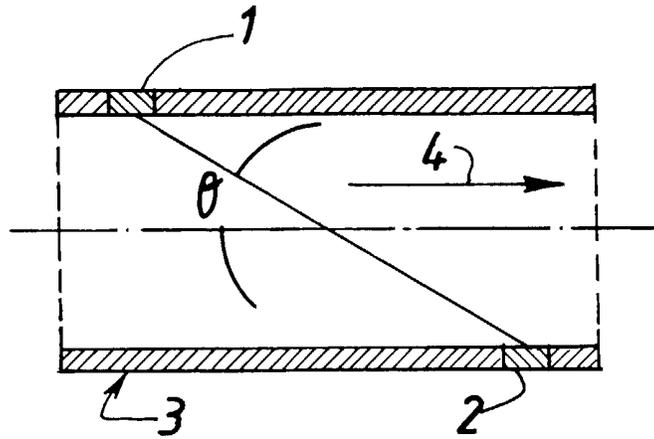


FIG. 1

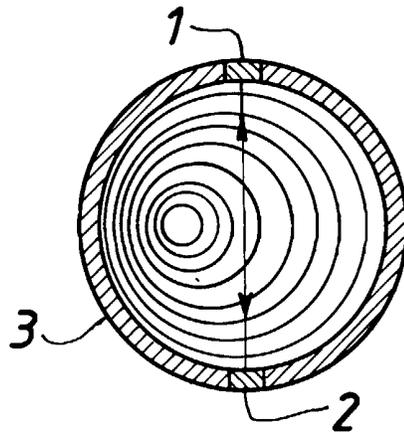


FIG. 2

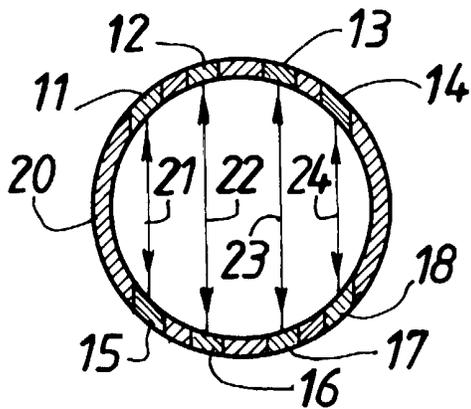


FIG. 4

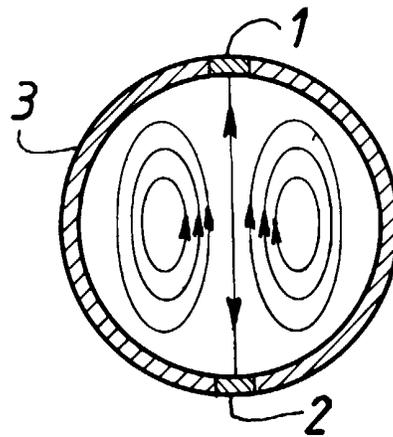


FIG. 3

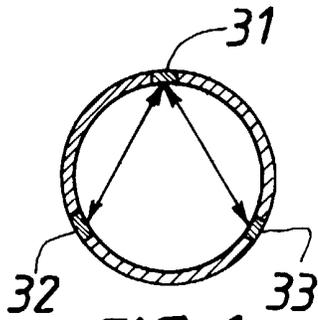


FIG. 6

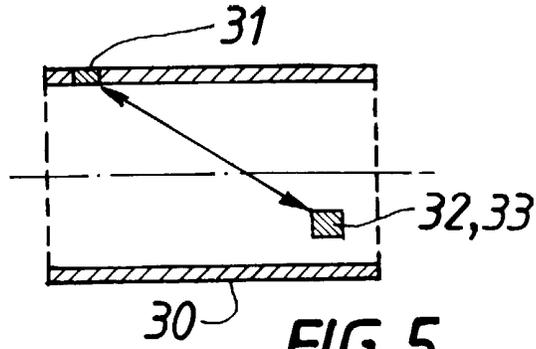


FIG. 5

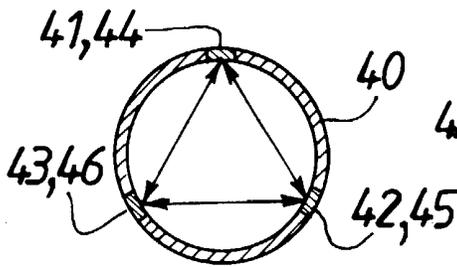


FIG. 8

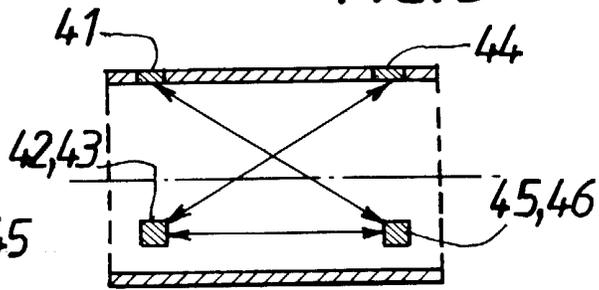


FIG. 7

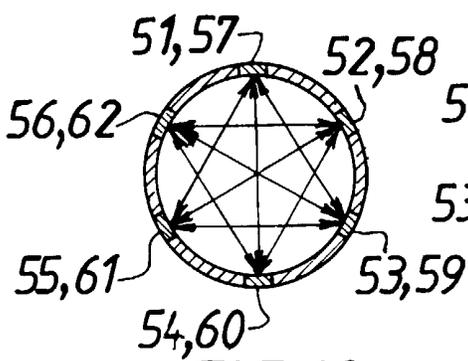


FIG. 10

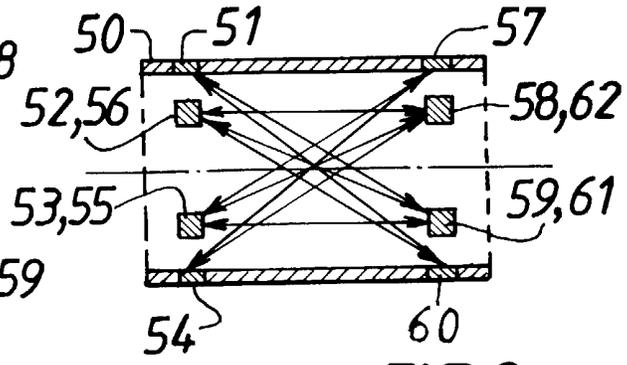


FIG. 9

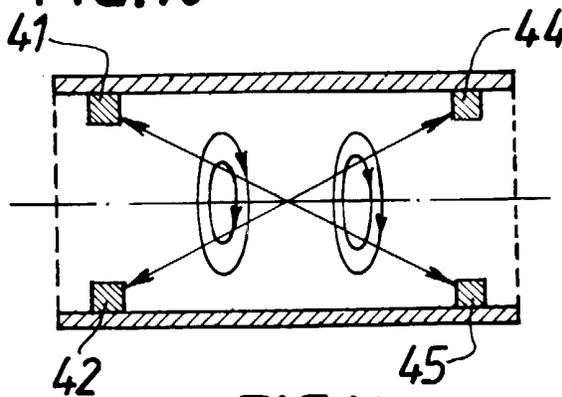


FIG. 11

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE

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

N° d'enregistrement  
national

FA 558840  
FR 9808893

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, des parties pertinentes	
X	US 4 462 261 A (KEYES MARION A ET AL) 31 juillet 1984 * le document en entier * ---	1-6,8
A	EP 0 273 385 A (WEBER SRL) 6 juillet 1988 * abrégé; figure 1 * ---	1,8
A	US 4 162 630 A (JOHNSON STEVEN A) 31 juillet 1979 * abrégé; figure 1 * -----	1,8
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		G01F G01P
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
1 mars 1999		Vorropoulos, G
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
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

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)