

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

(11) N° de publication : 2 540 624
(là n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : 83 17187

(51) Int Cl³ : G 01 F 1/66.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

- (22) Date de dépôt : 27 octobre 1983.
(30) Priorité DE, 27 octobre 1982, n° P 32 39 770.4.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 32 du 10 août 1984.
(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : DANFOSS A/S. — DK.

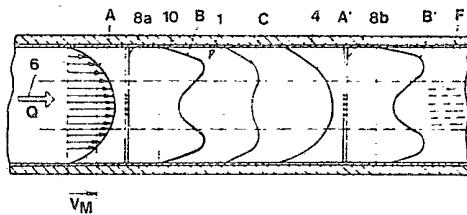
(72) Inventeur(s) : Hans-Erik Kiil Jensen, Niels Abildgaard et Steen Hedegaard Nielsen.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Plasseraud.

(54) Dispositif de mesure par ultra-sons muni d'un tube renfermant des pièces incorporées.

(57) Un dispositif de mesure ultrasonique possède un segment de mesure 1 parcourant un tube de mesure 4. Ce dernier loge au moins deux pièces incorporées 8a, 8b espacées axialement, qui influencent le profil de vitesse A du fluide qui les parcourt et/ou déterminent la trajectoire du signal ultrasonique effectif de façon que, dans la plus grande partie de la plage de travail, la vitesse d'écoulement médiane sur la trajectoire du signal ultrasonique dépende pour l'essentiel seulement de la vitesse V_M médiane par rapport à la section du tube.



FR 2 540 624 - A1

D

DISPOSITIF DE MESURE PAR ULTRA-SONS MUNI D'UN TUBE RENFER-
MANT DES PIECES INCORPOREES

La présente invention se rapporte à un dispositif de mesure par ultra-sons comportant, entre deux convertisseurs 5 d'ultra-sons, un segment de mesure qui parcourt axialement un tube de mesure.

Dans un dispositif de mesure par ultra-sons connu de ce type (DE-B-2 924 561), un tube rectiligne de mesure est intercalé entre deux convertisseurs d'ultra-sons pouvant 10 être utilisés alternativement comme émetteur et comme récepteur. Une mesure de la durée des impulsions ultrasoniques permet de déduire la vitesse moyenne d'écoulement du fluide circulant de part en part, ainsi que la quantité qui s'écoule par unité de temps. Il s'est cependant avéré que, dans les 15 limites de la plage de travail, le résultat de la mesure accuse des écarts considérables par rapport aux données effectives. Notamment en présence de petits nombres de Reynolds, donc d'une grande viscosité et d'une faible vitesse d'écoulement se traduisant par un petit débit, il en résulte que la 20 valeur mesurée accuse, par rapport à la valeur réelle, des écarts pouvant atteindre jusqu'à 20% lorsque le dispositif de mesure avait été ajusté pour la plage de grands nombres de Reynolds.

L'invention a pour objet de proposer un dispositif 25 de mesure par ultra-sons du type précité qui délivre, dans toute la plage de mesure, des résultats de mesure plus précis.

Conformément à l'invention, cet objet est atteint par le fait que le tube de mesure loge intérieurement au 30 moins deux pièces incorporées espacées l'une de l'autre dans le sens axial, qui influencent l'allure ou le profil

de vitesse du fluide qui les parcourt et/ou déterminent la trajectoire du signal ultrasonique effectif d'une manière telle que, dans la plus grande partie de la plage de travail, la vitesse d'écoulement médiane sur la trajectoire du 5 signal ultrasonique dépende pour l'essentiel seulement de la vitesse médiane par rapport à la section du tube.

L'invention part de la considération selon laquelle il se forme, dans un tube de mesure, un profil de la vitesse axiale du fluide en écoulement qui présente un maximum au 10 voisinage de l'axe du tube et un minimum sur la face interne de ce tube. Les rapports entre le maximum et le minimum varient en fonction du nombre de Reynolds. Par conséquent, la vitesse du signal ultrasonique dépend non seulement de la vitesse moyenne du fluide en écoulement, mais aussi de 15 la forme du profil de la vitesse. En revanche, lorsqu'on prévoit dans le tube de mesure des pièces incorporées réalisées conformément à l'invention, il est possible d'exercer une influence correctrice sur le profil de vitesse. Par exemple, le profil de la vitesse du fluide en écoulement 20 peut être déformé par tronçons de telle façon que se succèdent axialement un maximum et un minimum intermédiaire, si bien que le signal ultrasonique qui parcourt successivement ces tronçons accuse une vitesse d'écoulement médiane ne présentant plus aucun maximum marqué.

25 D'une manière particulièrement avantageuse, les pièces incorporées comportent une surface d'obstruction au moins à proximité de l'axe médian du tube de mesure. Cette surface d'obstruction abaisse la vitesse d'écoulement sur l'axe médian. Il en résulte une réduction correspondante du maximum de vitesse qui apparaît normalement sur l'axe du tube. 30 Plus ce maximum est grand, plus sa réduction est forte.

Il est recommandé que des régions formant des surfaces d'obstruction présentent entre elles des sections de libre passage dont les dimensions augmentent à mesure que le

rayon croît. De la sorte, le profil de vitesse atteint son maximum au centre et il s'en trouve moins fortement affecté de l'intérieur vers l'extérieur. De ce fait, le profil de vitesse est fortement égalisé sur la section.

5 On obtient une forme de réalisation très simple lorsque les pièces incorporées présentent, en guise de régions formant surfaces d'obstruction, plusieurs branches décalées angulairement, de préférence de manière uniforme. La largeur de ces branches peut être constante ou bien diminuer radialement vers l'extérieur. Ces branches suffisent pour engendrer l'effet d'obstruction souhaité, tout en libérant cependant une section d'écoulement suffisante.

Il est particulièrement avantageux de prévoir quatre branches décalées de 90° . Cette réalisation suffit pour obtenir la précision de mesure recherchée et il conviendrait de faire se succéder plusieurs (par exemple six ou sept) pièces incorporées ainsi réalisées. Etant donné que les sections libres sont relativement grandes, l'atténuation des signaux ultrasoniques, de même que la sensibilité à la crasse, sont faibles. Lorsqu'on utilise un plus grand nombre de branches (par exemple huit ou dix), on peut se contenter d'un plus petit nombre de pièces incorporées, mais il faut s'attendre dans ce cas à une atténuation et à une sensibilité à la crasse sensiblement plus grandes.

25 De préférence, les branches de pièces incorporées se succédant sont décalées les unes des autres d'une distance inférieure à l'espacement angulaire desdites branches.

Il est également possible que les pièces incorporées comportent au moins une bague concentrique en guise de 30 région formant surface d'obstruction. En disposant une bague à la circonférence externe, il peut être fait en sorte que des ondes ultrasoniques se propageant directement contre la paroi du tube ne fassent pas partie du signal de mesure effectif. Plusieurs bagues mutuellement concentriques mènagent entre elles des intervalles partiels annulaires de

dimensions croissantes vers l'extérieur.

Il est recommandé de maintenir l'épaisseur de la paroi des pièces incorporées très petite en comparaison de la longueur du segment de mesure. On obtient de la sorte que des ondes ultrasoniques, qui sont transmises par l'intermédiaire des pièces incorporées (et par conséquent plus rapidement que lorsqu'elles le sont par le fluide en circulation), n'exercent aucune influence notable sur le résultat de la mesure.

Un autre avantage réside dans le fait que les pièces incorporées possèdent des surfaces bombées. Dans ce cas, les ondes ultrasoniques renvoyées sont, non pas projetées de façon alternative parallèlement à l'axe, mais déviées vers l'extérieur, si bien qu'elles n'atteignent pas le récepteur, ou bien elles l'atteignent seulement avec une forte atténuation.

Il est recommandé de revêtir la face interne du tube de mesure d'une matière phoniquement isolante. Il en résulte une absorption des ondes ultrasoniques qui rencontrent ladite face interne. Cela s'applique en particulier aux ondes ultrasoniques qui ont été renvoyées par la surface bombée des pièces incorporées.

Il est en outre avantageux de réaliser la face interne du tube de mesure avec une rugosité dont la valeur moyenne se situe en particulier à 40μ . De la sorte, même lorsque la vitesse d'écoulement est faible, il se produit un écoulement turbulent, ce qui se répercute jusque dans la zone centrale du profil d'écoulement et favorise les effets exercés par les pièces incorporées.

Selon une autre forme de réalisation, chaque pièce incorporée est espacée, de la pièce incorporée qui la précède, d'une distance égale au maximum à la longueur développée du profil de vitesse. Le maximum formé avant la pièce incorporée est compensé par la forme prédominante du profil de vitesse derrière cette pièce, si bien que la vitesse du

fluide en écoulement prend une valeur moyenne uniforme observée dans le sens axial.

L'invention va à présent être décrite plus en détail à titre d'exemples nullement limitatifs en regard du dessin 5 annexé sur lequel :

la figure 1 est une représentation schématique d'un dispositif de mesure par ultra-sons conformé à l'invention ;

la figure 2 est une coupe longitudinale fragmentaire 10 à échelle agrandie du tube de mesure ;

la figure 3 est une coupe transversale du tube de mesure de la figure 2 ;

la figure 4 représente des variantes de réalisation de pièces incorporées ;

15 la figure 5 est une coupe transversale fragmentaire d'une des pièces incorporées de la figure 4 ;

la figure 6 montre une autre forme de réalisation d'une pièce incorporée ; et

la figure 7 représente une autre variante d'une 20 pièce incorporée.

La figure 1 illustre un segment de mesure 1 de longueur s, qui s'étend entre un premier convertisseur ultrasonique 2 et un second convertisseur 3 et parcourt un tube de mesure 4. Un fluide en circulation est admis dans le sens 25 d'une flèche 6 par un manchon d'arrivée 5 et, après avoir parcouru le segment 1, il est évacué par un manchon de sortie 7. Le tube 4 loge des pièces incorporées 8 qui seront décrites plus en détail ci-après. En service, les convertisseurs 2 et 3 sont utilisés alternativement comme émetteur 30 et comme récepteur.

Un circuit d'interprétation 9 détermine la durée d'un signal ultrasonique parcourant le segment de mesure 1 puis, à partir de cette durée, la vitesse considérée dudit signal ultrasonique.

35 On sait qu'un signal ultrasonique dirigé vers l'aval

possède une vitesse

$$V_{un} = C + V_M .$$

En revanche, un signal ultrasonique dirigé vers l'amont présente une vitesse

5 $V_{uo} = C - V_M$

C étant la vitesse dans le fluide au repos et V_M étant la vitesse d'écoulement de ce fluide médiane par rapport à la section. En formant la différence entre les deux équations, on obtient

10 $V_M = \frac{V_{un} - V_{uo}}{2} ,$

c'est-à-dire la vitesse moyenne d'écoulement indépendamment de la vitesse du son.

Si l'on présume que l'allure ou le profil de la vitesse d'écoulement est constant sur le segment de mesure, il en résulte une proportionnalité entre la quantité volumique d'écoulement Q et la vitesse moyenne V_M . Toutefois, lorsque le profil de la vitesse de l'écoulement est soumis à des variations, soit parce qu'il doit se développer seulement au début du segment de mesure, soit parce qu'il change de forme en fonction du nombre de Reynolds, c'est-à-dire en fonction du débit (ce qui est le cas pour des nombres de Reynolds inférieurs à 10 000), le résultat de la mesure de la vitesse d'écoulement, de même que chaque grandeur dérivée de cette mesure (comme le débit), s'écartent considérablement de la grandeur réelle dans des parties de la plage de mesure. Ce phénomène est compensé par les pièces incorporées 8.

La figure 2 montre un tronçon du tube de mesure 4 dont la face interne est rugueuse ou comporte un revêtement interne d'atténuation 10, et emprisonne deux pièces incorporées 8a et 8b. Comme on le voit sur la figure 3, les pièces incorporées ont la forme d'une étoile 11 à quatre branches 12 dont la largeur décroît radialement

vers l'extérieur. Il en résulte, dans la zone de convergence des branches de l'étoile, une région 13 formant une surface d'obstruction au voisinage de l'axe du tube. Lesdites branches réservent entre elles des sections 14 de libre passage 5 dont les dimensions augmentent à mesure que le rayon croît.

Lorsqu'une quantité Q a parcouru une certaine distance dans le sens de la flèche 6 à l'intérieur du tube de mesure pour un nombre de Reynolds inférieur à 10 000, il en résulte, à cause de la friction marginale et de l'absence 10 de turbulence, un profil de vitesse A qui atteint son maximum au voisinage de l'axe du tube. Cela correspond à une vitesse V_M médiane par rapport à la section du tube. Du fait de la présence de la pièce incorporée 8a qui constitue un obstacle notable à proximité de l'axe du tube, la vitesse possède 15 derrière cette pièce un profil B qui présente un maximum réduit décalé radialement vers l'extérieur à proximité de l'axe du tube, mais accuse en revanche un minimum intermédiaire. Ce profil de vitesse se développe à nouveau, en transitant par une forme C, jusqu'à un profil de vitesse A' qui 20 correspond au profil A. Du fait de la présence de la seconde pièce incorporée 8b espacée, de la pièce 8a, d'une distance devant être au maximum égale à la longueur développée de ce profil en cas d'écoulement laminaire, on obtient de nouveau un profil B' correspondant au profil B. Les ondes ultrasoniques captées par le récepteur se propagent pour l'essentiel dans une zone limitée F de la section et, par conséquent, elles sont successivement influencées par des vitesses différentes, en fonction du profil de vitesse considéré. La vitesse d'écoulement médiane dans le sens axial est 25 constante indépendamment du nombre de Reynolds considéré, étant donné que les maximums et les minimums se compensent mutuellement au voisinage de l'axe du tube. Ainsi, la forme des profils de vitesse ne joue plus aucun rôle déterminant dans la plage de mesure. En outre, du fait de la présence des 30 régions 13 formant surfaces d'obstruction, la zone médiane est impénétrable par les ondes ultrasoniques. En conséquence, 35

les variations les plus fortes se produisant au voisinage de l'axe du tube ne nécessitent aucune compensation, car elles ne sont pas captées par un signal ultrasonique efficace. Les pièces incorporées permettent également une suppression 5 plus rapide de développements de profils asymétriques susceptibles de se produire à l'entrée du tube de mesure à cause de l'admission à angle droit, si bien que les conditions symétriques représentées sur la figure 2 règnent dans la plus grande partie du tube de mesure. Il est avantageux 10 que la section du tube soit plus grande que les faces extrêmes des convertisseurs 2 et 3, comme le montre la figure 1. On peut aussi, toutefois utiliser un tube de section plus petite que les faces extrêmes des convertisseurs.

Bien que l'invention ait été décrite en considérant 15 un tube de section circulaire, des résultats correspondants peuvent aussi être obtenus avec des tubes de sections autres, par exemple carrées.

Sur les figures 4 et 5, des pièces incorporées 8c et 8d consistent en des croisillons 15 comportant quatre 20 branches respectives 16 dont la largeur est constante. Des pièces incorporées se succédant sont décalées mutuellement de 45°. De ce fait, des sections suffisamment grandes exemptes de surfaces d'obstruction subsistent en projection axiale. Comme les pièces incorporées 8c possèdent de part 25 et d'autre une surface bombée respective 17 ou 18, des ondes ultrasoniques rencontrant des régions formant surfaces d'obstruction sont renvoyées à l'oblique par rapport à l'axe du tube. Elles parviennent jusqu'au revêtement d'atténuation 10 et sont par conséquent sans influence négative. 30

Dans la forme de réalisation selon la figure 6, une pièce incorporée 8e a la forme d'une étoile 19 à huit branches 20. Cela permet de se contenter d'un nombre plus faible de pièces incorporées dans le tube de mesure, mais 35 cela provoque une atténuation et une sensibilité à la

crasse légèrement plus grandes que dans les exemples de réalisation décrits ci-avant.

La figure 7 représente une pièce incorporée 8f possédant, en guise de régions formant surfaces d'obstruction, 5 trois bagues concentriques 21, 22 et 23 solidarisées par deux branches radiales 24. Il en résulte dans ce cas des sections 25 de libre passage dont les dimensions augmentent radialement vers l'extérieur.

Dans tous les exemples de réalisation, l'épaisseur 10 d de la paroi des pièces incorporées 8 est très petite en comparaison de la longueur s du segment de mesure 1. Une épaisseur d de paroi comprise entre 0,5 mm et 1 mm est à recommander.

Des expériences ont révélé qu'il est ainsi possible 15 d'obtenir, dans les limites d'une grande plage de travail couvrant des nombres de Reynolds compris entre 500 et 10 000, une valeur mesurée qui correspond de manière très précise à la valeur réelle et que, même avec de très petits nombres de Reynolds, il se produit des écarts n'excédant pas de 1% à 20 2%.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au dispositif décrit et représenté, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de mesure par ultra-sons comportant, entre deux convertisseurs ultrasoniques, un segment de mesure qui parcourt axialement un tube de mesure, dispositif caractérisé par le fait que ledit tube de mesure (4) loge 5 intérieurement au moins deux pièces incorporées (8) espacées l'une de l'autre dans le sens axial, qui influencent l'allure ou profil de vitesse (A) du fluide qui les parcourt et éventuellement, ou en variante, déterminent la trajectoire du signal ultrasonique effectif d'une manière telle que, dans 10 la plus grande partie de la plage de travail, la vitesse d'écoulement (V_{un} ; V_{uo}) médiane sur la trajectoire du signal ultrasonique dépende pour l'essentiel seulement de la vitesse (V_M) médiane par rapport à la section du tube.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé 15 par le fait que les pièces incorporées (8a - 8e) comportent une surface d'obstruction (13) au moins à proximité de l'axe médian du tube de mesure (4).
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé par le fait que des régions formant des surfaces d'obstruk- 20 tion présentent entre elles des sections (14 ; 25) de libre passage dont les dimensions augmentent à mesure que le rayon croît.
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendica- 25 tions 1 à 3, caractérisé par le fait que les pièces incor- porées (8a - 8e) présentent, en guise de régions formant surfaces d'obstruction, plusieurs branches (12 ; 16 ; 20) décalées angulairement.
5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé par le fait que la largeur des branches (16 ; 20) est cons- 30 tante.
6. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé par le fait que la largeur des branches (12) décroît radialement vers l'extérieur.

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé par le fait que sont prévues quatre branches (12 ; 16) décalées de 90°.

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, caractérisé par le fait que les branches de pièces incorporées (8c, 8d) se succédant sont décalées les unes des autres d'une distance inférieure à l'espacement angulaire des branches (16).

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait que les pièces incorporées (8f) comportent au moins une bague concentrique (21 ; 22 ; 23) en guise de région formant surface d'obstruction.

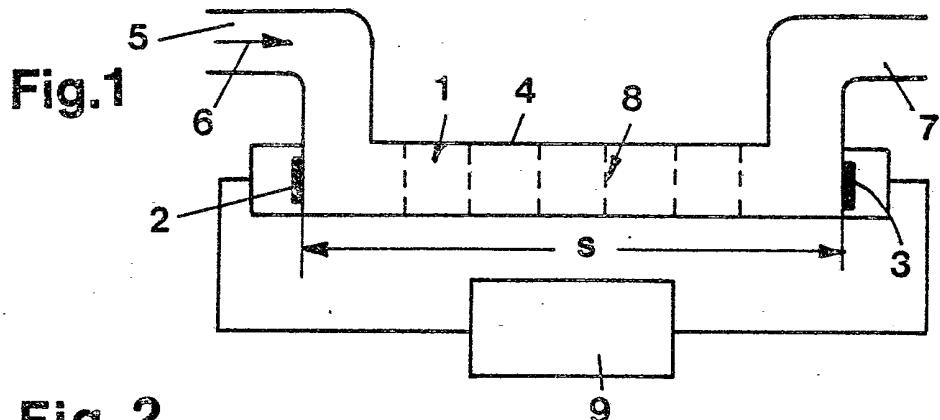
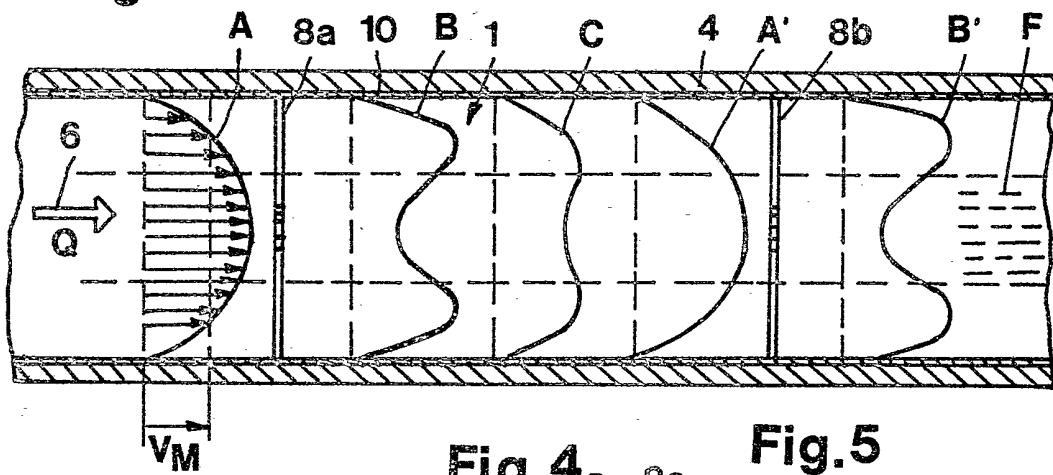
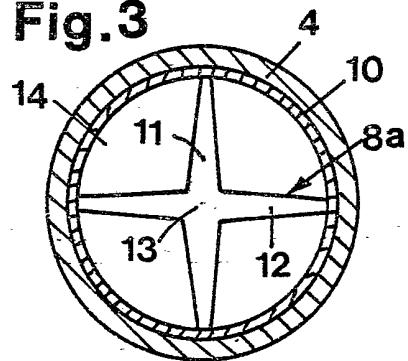
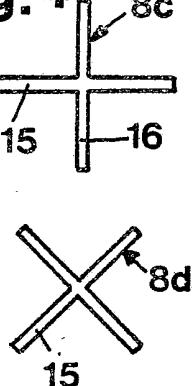
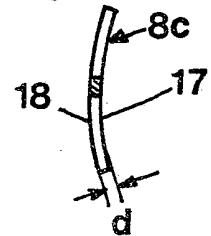
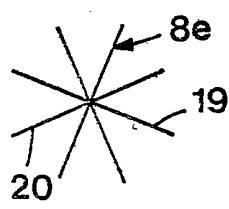
10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé par le fait que l'épaisseur (d) de la paroi des pièces incorporées (8) est très petite en comparaison de la longueur (s) du segment de mesure (1).

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé par le fait que les pièces incorporées (8c) possèdent des surfaces bombées (17, 18).

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé par le fait que la face interne du tube de mesure (4) est revêtue d'une matière (10) phoniquement isolante.

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé par le fait que la face interne du tube de mesure (4) est rugueuse.

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé par le fait qu'une pièce incorporée considérée (8b) est espacée, de la pièce incorporée (8a) qui la précède, d'une distance égale au maximum à la longueur développée du profil de vitesse.

**Fig. 2****Fig. 3****Fig. 4****Fig. 5****Fig. 6****Fig. 7**