

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 22830

(54) Procédé de mesure aux ultra-sons du débit d'un fluide en écoulement et débitmètre ultra-sonore pour sa mise en œuvre.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). G 01 F 1/66.

(22) Date de dépôt..... 12 septembre 1979.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 12 du 20-3-1981.

(71) Déposant : ZALESSKY Eduard Alexandrovich et SMYSHLYAEV Vladimir Viktorovich, résidant en URSS.

(72) Invention de : Eduard Alexandrovich Zalessky et Vladimir Viktorovich Smyshlyayev.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Z. Weinstein,
20, av. de Friedland, 75008 Paris.

La présente invention concerne les techniques de mesures aux ultrasons et a notamment pour objet un procédé de mesure aux ultrasons du débit d'un fluide en écoulement et un débitmètre ultrasonore pour sa mise en oeuvre.

5 La présente invention peut être utilisée pour mesurer des débits de pétrole, de produits pétrolifères, de produits chimiques, de produits alimentaires, de l'eau dans les systèmes de bonification des terres, etc.

Pour rendre plus facile la compréhension de la présente description, on entendra par "débitmètres" les appareils servant à mesurer tant la vitesse que le débit en volume, parce que dans la technique de mesures
10 utilisant la propagation des ondes acoustiques le débit est fonction de la vitesse.

En mesurant le débit du fluide s'écoulant, par exemple, dans une tuyauterie, il est désirable de ne pas perturber son mouvement. Il est également désirable d'obtenir une haute précision de mesure à l'aide d'un
15 dispositif relativement bon marché et de grande longévité, sans que les fluctuations de la température et des autres paramètres physiques du milieu à contrôler influent sur ses indications.

En première approximation, on peut dire que les propriétés physiques du milieu à contrôler n'influent pas sur les débitmètres mettant en oeuvre
20 les procédés de mesure basés sur la mesure de la fréquence des impulsions ultrasonores, ces débitmètres à ultrasons utilisant une boucle synchrone, autrement dit, un système générateur d'impulsions avec un circuit de réaction acoustique à retard. Dans ce cas, dans une telle boucle synchrone s'établit un régime d'autocirculation des impulsions.

25 Pour mesurer le débit, on utilise les dispositifs à deux voies acoustiques et à voie acoustique unique, c'est-à-dire incluant un espace par lequel passe le fluide à contrôler et qui sépare deux transducteurs électro-acoustiques.

Il existe un procédé de mesure aux ultrasons du débit d'un fluide en
30 écoulement, qui consiste à faire passer à travers le fluide à contrôler des trains d'impulsions à autocirculation cheminant par deux voies acoustiques. Dans l'une desdites voies acoustiques les impulsions se propagent dans le sens d'écoulement du fluide à contrôler, alors que dans l'autre voie, elles sont de sens contraire de celui de l'écoulement. La différence de fréquences
35 de répétition des impulsions de ces trains d'impulsions permet de déterminer le débit.

Il existe un débitmètre ultrasonore mettant en oeuvre ce procédé, qui comporte deux boucles synchrones dont chacune est constituée par un amplificateur-conformateur, un générateur de signal de boucle synchrone et un conformateur d'impulsions d'excitation, mis en série et branchés sur deux transducteurs électro-acoustiques séparés par un espace par lequel passe le fluide à contrôler et orientés l'un par rapport à l'autre de façon à assurer l'émission et la réception d'un signal acoustique d'un transducteur à l'autre dans un sens faisant un angle différent de 90° avec le sens de mouvement du fluide, ainsi que des multiplicateurs de fréquence et un bloc de mesure branchés sur les boucles synchrones.

Dans chaque boucle synchrone de ce débitmètre, une impulsion fournie par le générateur de signal de boucle synchrone est appliquée au conformateur d'impulsions, dont la sortie transmet un signal au transducteur électro-acoustique émettant une impulsion dans le fluide à contrôler. Reçue par l'autre transducteur électro-acoustique, l'impulsion revient au conformateur d'impulsions d'excitation et c'est ainsi que se trouve réalisée une autocirculation des impulsions dans la boucle synchrone. La fréquence de chaque boucle synchrone est multipliée à l'aide du multiplicateur de fréquence et, ensuite, le bloc de mesure détermine la différence de fréquences qui permet d'évaluer le débit du fluide à contrôler.

L'exécution des mesures par ce procédé connu dans deux voies acoustiques différentes entraîne l'apparition d'une erreur supplémentaire due à la différence entre les voies de cheminement des impulsions, qui n'est pas provoquée par le courant de fluide.

Ce dispositif connu exige, pour obtenir une haute précision des mesures, une fabrication de précision et l'emploi de deux transducteurs électro-acoustiques, un maintien rigide du régime thermique tant du circuit électronique que du tronçon de mesure de la tuyauterie, une stabilisation de la longueur des voies acoustiques avec une précision de quelques unités de microns, une compensation de la différence entre les voies de cheminement des impulsions qui n'est pas due au courant de fluide. Tout ceci limite le domaine d'utilisation du débitmètre dans les systèmes où une haute précision des mesures n'est pas nécessaire.

L'erreur due à la non-identité des voies acoustiques n'existe pas dans un autre procédé de mesure aux ultrasons du débit d'un fluide en écoulement, qui consiste à faire passer à travers le fluide en écoulement à contrôler, alternativement et par une seule et même voie acoustique, deux trains

d'impulsions à autocirculation de sens mutuellement opposés, à mémoriser un train d'impulsions à autocirculation pendant le passage de l'autre train d'impulsions venant dans l'autre sens, et à déterminer le débit d'après la différence des fréquences de répétition des impulsions desdits trains.

5 Le débitmètre mettant en oeuvre ce procédé comporte deux transducteurs électro-acoustiques, un circuit de mesure monovoie de type boucle synchrone avec un élément de mémoire et un bloc de mesure.

10 La boucle synchrone de ce débitmètre fonctionne alternativement dans le sens de l'écoulement du fluide et en sens contraire dudit écoulement. Pendant le passage d'un train d'impulsions à autocirculation dans un sens, la fréquence de répétition des impulsions passant dans le sens opposé est mémorisée à l'aide de l'élément de mémoire. D'après la différence entre la fréquence de répétition mémorisée et la fréquence de répétition d'impulsions en autocirculation, le bloc de mesure fournit l'information sur le débit.

15 Dans ce procédé, le passage à travers le fluide en écoulement à contrôler de deux trains d'impulsions à autocirculation passant alternativement dans des sens mutuellement opposés fait que les ultrasons passent pratiquement par des volumes de fluide à propriétés physiques différentes (les propriétés physiques du fluide varient entre les commutations), ce qui entraîne une
20 erreur supplémentaire dans la mesure du débit. Outre cela, ce procédé n'est pas utilisable pour mesurer le débit des fluides à écoulement pulsé, par suite de la constante de temps considérable de la mesure. Le dispositif mettant en oeuvre le procédé décrit doit avoir, pour obtenir une haute
25 précision de mesure, une mémoire réglable dont l'erreur de mémorisation de la fréquence est de l'ordre de 10^{-9} et dont la fabrication à l'heure actuelle s'avère très difficile.

30 Il existe également un procédé de mesure aux ultrasons du débit d'un fluide en écoulement, basé sur le passage simultané à travers le fluide en écoulement à contrôler, par une seule et même voie acoustique de deux trains d'impulsions à autocirculation de sens mutuellement opposés, de façon à exclure toute coïncidence des impulsions appartenant à chacun des trains d'impulsions, le débit étant déterminé d'après la différence des fréquences de répétition des impulsions desdits trains d'impulsions. Dans ce procédé, on supprime la coïncidence des impulsions de chacun des trains d'impulsions par
35 un décalage relatif dans le temps de chacun des trains d'impulsions, le nombre de ces décalages, qui caractérisent indirectement la différence des

fréquences de répétition des impulsions des trains d'impulsions, permettant d'évaluer le débit.

Il existe un débitmètre aux ultrasons pour la mise en oeuvre de ce procédé. Ce débitmètre comporte deux boucles synchrones fonctionnant dans
5 une seule et même voie acoustique, deux blocs assurant le décalage des trains d'impulsions à autocirculation, une bascule enregistrant le nombre de ces décalages et un fréquencemètre mesurant la fréquence de répétition des impulsions de la bascule, qui caractérise indirectement le débit.

L'inconvénient de ce procédé réside dans le fait que le nombre de
10 décalages des trains d'impulsions diffère de la valeur réelle de la différence des fréquences des boucles synchrones, ce qui provoque une erreur de mesure du débit. Outre cela, le procédé exige un décalage absolument identique dans le temps de chaque train d'impulsions. La réalisation de ce décalage, dont la précision influe sur l'erreur de mesure du débit, est très
15 difficile.

L'inconvénient de ce débitmètre connu est dû au fait que le principe même de son fonctionnement admet une erreur de méthode de la mesure du débit. Outre cela, les blocs qui assurent le décalage des trains d'impulsions à autocirculation, ainsi que les éléments constitutifs des boucles synchrones,
20 doivent avoir une non-identité temporelle de l'ordre d'unités de nanosecondes, ce qui rend très difficile la réalisation du débitmètre et annule pratiquement tous les avantages du procédé de mesure utilisant une seule voie. Ce débitmètre a une grande inertie de mesure. Par exemple, si le diamètre de la tuyauterie dans laquelle le débit est mesuré est égal à 1 m et que la
25 vitesse du fluide est de 0,1 m/s, la différence des fréquences des boucles synchrones est de 0,1 hz environ, c'est-à-dire que le temps de mesure est de 10 s, ce qui est excessif. En outre, le débitmètre ne se met pas automatiquement en régime d'autocirculation, ni n'établit son fonctionnement après la disparition de la voie acoustique qui peut avoir lieu à la diffusion
30 du faisceau d'ultrasons par les bulles de gaz et d'autres inclusions étrangères du fluide à contrôler, ce qui limite la possibilité de son utilisation dans les systèmes automatisés.

Il existe un débitmètre ultrasonore qui comporte deux boucles synchrones, chacune étant constituée par les éléments suivants mis en série : un circuit
35 d'inhibition, un conformateur d'impulsions d'excitation, deux transducteurs électroacoustiques communs aux deux boucles synchrones, séparés l'un de

l'autre par un espace par lequel passe le fluide à contrôler et orientés l'un par rapport à l'autre de façon à permettre l'émission et la réception d'un signal acoustique d'un transducteur à l'autre dans un sens faisant un angle différent de 90° par rapport au sens de mouvement du fluide, et un amplificateur-conformateur, et qui comporte aussi deux blocs de production d'impulsions de déclenchement branchés chacun sur la boucle synchrone respective et constitués chacun par un auto-oscillateur variable dont l'entrée est reliée à la sortie d'un circuit de recherche et de commande automatique de la phase, et dont la sortie est reliée à travers un diviseur de fréquence à l'une des entrées d'un circuit ET, à une entrée du circuit de recherche et de commande automatique de la phase et à l'entrée d'un élément de mémoire, la sortie de ce dernier étant reliée à d'autres entrées du circuit de recherche et de commande automatique de la phase et du circuit ET, et un bloc de mesure commun aux boucles synchrone et branché par ses entrées sur les sorties des auto-oscillateurs.

Dans chaque boucle synchrone de ce débitmètre, à l'aide du bloc respectif de production d'impulsions de déclenchement, est établi un régime d'autocirculation de l'impulsion. Ensuite, le bloc de production d'impulsions de déclenchement se débranche. L'injection des impulsions de déclenchement dans la boucle synchrone se fait de nouveau lorsque la voie acoustique disparaît par suite de la diffusion du faisceau ultrasonore par les bulles de gaz et par les inclusions étrangères du fluide à contrôler.

Le débitmètre se remet en marche automatiquement et rétablit son fonctionnement après une destruction temporaire de la voie acoustique. Le débitmètre est très rapide et bien protégé contre les parasites.

Les inconvénients du débitmètre connu considéré sont dus au fait que les deux boucles synchrones ne peuvent fonctionner d'une façon stable dans une seule voie acoustique qu'à tour de rôle. Ceci provoque une réduction de la précision de mesure de la vitesse du fluide par suite de la modification des propriétés physiques du fluide entre les commutations. En outre, il est nécessaire de mémoriser la fréquence d'une boucle synchrone pendant le fonctionnement de l'autre, ce qui provoque une erreur de mesure supplémentaire

L'invention vise par conséquent un procédé de mesure aux ultrasons du débit d'un fluide en écoulement, qui permettrait de mesurer directement la valeur réelle de la différence des fréquences des boucles synchrones, avec passage simultané par une seule et même voie acoustique de deux trains

d'impulsions à autocirculation de sens mutuellement opposés.

5 L'invention vise aussi un débitmètre ultrasonore pour la mise en oeuvre dudit procédé, comportant des moyens automatiques de mise en fonctionnement et de rétablissement du fonctionnement des boucles synchrones, et qui serait de conception simple et fiable en utilisation.

10 Ce problème est résolu à l'aide d'un procédé de mesure aux ultrasons du débit d'un fluide en écoulement, du type consistant à faire passer simultanément à travers le fluide à contrôler, par une seule et même voie acoustique, deux trains d'impulsions à autocirculation de sens mutuellement
15 opposés, tout en excluant les coïncidences des impulsions desdits trains d'impulsions, et à déterminer le débit d'après la différence des fréquences de répétition des impulsions constituant lesdits trains d'impulsions, les impulsions de l'un des trains d'impulsions étant utilisées pour la synchronisation en phase d'un auto-oscillateur dont la fréquence est un
20 multiple entier de la fréquence de répétition des impulsions de ce train d'impulsions, les coïncidences des impulsions étant exclues en interrompant ce train d'impulsions avant le moment de coïncidence et en le rétablissant par l'une des impulsions de l'auto-oscillateur qui ne coïncide avec aucune impulsion de l'autre train d'impulsions, la différence des fréquences de répétition des impulsions des trains d'impulsions étant déterminée en comparant la fréquence de répétition des impulsions de l'autre train d'impulsions avec la fréquence de l'auto-oscillateur.

25 Le problème exposé plus haut est aussi résolu à l'aide d'un débitmètre ultrasonore mettant en oeuvre ledit procédé, qui comporte deux boucles synchrones, chacune comprenant les éléments suivants mis en série : un circuit d'inhibition, un conformateur d'impulsions d'excitation, deux transducteurs électroacoustiques communs aux deux boucles synchrones séparés l'un de l'autre par un espace par lequel passe le fluide à contrôler et orientés l'un par rapport à l'autre de façon à permettre l'émission et la
30 réception d'un signal acoustique d'un transducteur à l'autre dans un sens faisant un angle différent de 90° par rapport au sens de mouvement du fluide, et un amplificateur-conformateur, et qui comporte aussi deux blocs de production d'impulsions de déclenchement branchés chacun sur la boucle synchrone respective et constitués chacun par un auto-oscillateur variable dont
35 l'entrée est reliée à la sortie d'un circuit de recherche et de commande automatique de la phase et dont la sortie est reliée à travers un diviseur

de fréquence à l'une des entrées d'un circuit ET, à une entrée du circuit de recherche et de commande automatique de la phase et à l'entrée d'un élément de mémoire, la sortie de ce dernier étant reliée à d'autres entrées du circuit de recherche et de commande automatique de la phase et du circuit ET, et un bloc de mesure commun aux deux boucles synchrones et branché par ses entrées sur les sorties des auto-oscillateurs, ledit débitmètre étant, selon l'invention, caractérisé en ce que chaque bloc de production d'impulsions de mise en fonctionnement comporte son propre conformateur d'impulsions de travail, le conformateur d'impulsions de travail de l'un des blocs étant mis en série entre la sortie du diviseur de fréquence et un point commun réunissant une entrée du circuit ET, une entrée de l'élément de mémoire et une entrée du circuit de recherche et de commande automatique de la phase, et le conformateur d'impulsions de travail de l'autre bloc ayant son entrée branchée sur la sortie du circuit du diviseur de fréquence, et ses sorties, sur des entrées d'un bloc de contrôle de coïncidence des impulsions des boucles synchrones et de commande d'interruption et de rétablissement du fonctionnement de la boucle synchrone, une autre entrée de ce dernier bloc étant branchée sur une deuxième sortie du conformateur d'impulsions de travail du premier bloc de production d'impulsions de déclenchement, et ses deux sorties étant reliées, l'une à une autre entrée du conformateur d'impulsions d'excitation correspondant au bloc considéré de production d'impulsions de déclenchement de la boucle synchrone, et l'autre, à un point commun réunissant une entrée du circuit ET, une entrée du circuit de recherche et de commande automatique de la phase et une entrée de l'élément de mémoire.

Il est utile que le bloc de contrôle de coïncidence des impulsions des boucles synchrones et de commande d'interruption et de rétablissement du fonctionnement de la boucle synchrone comporte un diviseur de fréquence dont la sortie est branchée sur une première entrée d'un premier circuit ET la sortie duquel est branchée sur une entrée d'un deuxième circuit ET et sur une entrée d'un troisième circuit ET dont la sortie est branchée sur une

entrée de l'élément de mémoire dont l'une des sorties
est reliée à une entrée d'information d'un deuxième élément de
mémoire dont une première sortie est branchée sur une
première entrée d'un quatrième circuit ET, et une deuxième
5 sortie, sur une première entrée d'un cinquième circuit ET
et sur une deuxième entrée du premier dispositif de
mémoire dont une deuxième sortie est reliée à une
deuxième entrée du cinquième circuit ET dont la sortie
est branchée sur l'entrée de préréglage du diviseur de
10 fréquence, alors qu'une deuxième entrée du diviseur de
fréquence, reliée à une deuxième entrée du premier circuit
ET et à une entrée d'horloge du deuxième élément de
mémoire, ainsi qu'une autre entrée du deuxième circuit ET
et une autre entrée du quatrième circuit ET, servent de
15 premières entrées du bloc de contrôle, une deuxième entrée
du troisième circuit ET servant d'une autre entrée du
bloc de contrôle, et les sorties des quatrième et deuxième
circuits ET, respectivement, jouant le rôle de première et
deuxième sorties du bloc de contrôle.

20 Le procédé de mesure aux ultrasons du débit d'un
fluide en écoulement, objet de la présente invention, permet
d'élever notablement la précision des mesures en comparaison
d'autres procédés connus et n'exige pas une mémorisation de
longue durée de la fréquence. Le débitmètre ultrasonore
25 mettant en œuvre ce procédé et exécuté conformément à
la présente invention est simple à fabriquer en utilisant
des blocs largement employés dans la technique des mesures
des composants radio, comporte des moyens automatiques de
mise en fonctionnement et de rétablissement du fonctionnement
30 des boucles synchrones, et est fiable.

L'invention sera mieux comprise et d'autres buts, détails
et avantages de celle-ci apparaîtront mieux à la lumière
de la description explicative qui va suivre de différents
modes de réalisation donnés uniquement à titre d'exemples non

limitatifs avec références aux dessins non limitatifs annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente le schéma synoptique d'un débitmètre ultrasonore conforme à l'invention ;

5 - la figure 2 représente le schéma synoptique d'un bloc de contrôle de coïncidence des impulsions des boucles synchrones et de commande d'interruption et de rétablissement du fonctionnement des boucles synchrones, selon l'invention ;

10 - la figure 3 a, b, c, d, e, f représente les épures des tensions, expliquant le fonctionnement d'une boucle synchrone du débitmètre ultrasonore représenté sur la figure 1, en régime de mise en fonctionnement;

 - la figure 4 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, représente les épures des tensions expliquant le fonctionnement du débitmètre ultrasonore représenté sur la figure 1, en régime de mesure.

15 Le procédé aux ultrasons de mesure du débit d'un fluide en écoulement, selon l'invention, consiste en ce qui suit. A travers le fluide en écoulement à contrôler, on fait passer par une même voie acoustique et simultanément deux trains d'impulsions à autocirculation dirigés en opposition l'un de l'autre. Les impulsions de l'un des trains (qui sera désigné, dans ce qui

20 suit, sous le nom de "train piloté") sont utilisées pour la synchronisation en phase d'un auto-oscillateur, ce qui permet d'avoir une information complète sur le train d'impulsions piloté. La fréquence de l'auto-oscillateur est un multiple entier de la fréquence du train d'impulsions piloté. L'autre train d'impulsions se propageant dans le sens opposé (appelé dans ce qui suit "train pilote") est ininterrompu. On exclut les coïncidences des impulsions

25 des trains piloté et pilote en effectuant l'interruption du train d'impulsions piloté avant le moment de coïncidence des impulsions desdits trains et en le rétablissant par l'une des impulsions de l'auto-oscillateur qui ne coïncide avec aucune impulsion du train d'impulsions pilote. Comme le rétablissement du train d'impulsions piloté se fait avec une précision d'une phase, la

30 synchronisation de l'auto-oscillateur avec le train d'impulsions rétabli ne provoque pas un processus transitoire dans son fonctionnement. C'est-à-dire que l'auto-oscillateur porte l'information sur le fonctionnement ininterrompu (quasi-ininterrompu) du train d'impulsions piloté. La différence des

35 fréquences de répétition des impulsions des trains d'impulsions servant à mesurer le débit est déterminée en comparant la fréquence de répétition des impulsions du train d'impulsions pilote avec la fréquence de l'auto-oscillateur.

Le procédé de mesure aux ultrasons du débit d'un fluide en écoulement, selon l'invention, est mis en oeuvre à l'aide du débitmètre représenté sur la figure 1 et servant à mesurer le débit des matières fluides s'écoulant dans les tuyauteries.

5 Le débitmètre ultrasonore comporte deux boucles synchrones. La première boucle synchrone (désignée, dans ce qui suit, sous le nom de "boucle pilote") comprend un circuit d'inhibition 1 (figure 1) branché sur une entrée 2 d'un conformateur 3 d'impulsions d'excitation, deux transducteurs électro-
10 acoustiques 4, 5 séparés par un espace 6 où passe le fluide dont le débit est à contrôler, et un amplificateur-conformateur 7 branché sur une entrée 8 du circuit d'inhibition 1.

La deuxième boucle ("boucle pilotée") comporte un circuit d'inhibition 9 branché sur une entrée 10 d'un conformateur 11 d'impulsions d'excitation, deux transducteurs électro-acoustiques 5, 4 séparés par l'espace 6 où passe
15 le fluide à contrôler, et l'amplificateur-conformateur 7 branché sur une entrée 12 du circuit d'inhibition 9.

Les transducteurs 4, 5 sont placés des deux côtés de la tuyauterie et sont orientés l'un par rapport à l'autre de façon à assurer l'émission et la réception d'un signal acoustique d'un transducteur 4 ou 5 vers l'autre.
20 L'angle α entre le vecteur de la vitesse V du fluide dans la tuyauterie et le sens de propagation des ondes acoustiques entre les transducteurs 4, 5 est différent de 90°.

Le débitmètre ultrasonore comporte également deux blocs 13, 14 de production d'impulsions de déclenchement, branchés, respectivement, sur les
25 boucles synchrones pilote et pilotée. Le bloc 13 de production d'impulsions de déclenchement comporte un auto-oscillateur variable 15 dont l'entrée est reliée à la sortie d'un circuit 16 de recherche et de commande automatique de la phase. La sortie de l'auto-oscillateur 15 est reliée, à travers un diviseur de fréquence 17, à l'entrée d'un conformateur d'impulsions de
30 travail 18 dont une sortie 19 est branchée sur un point commun 20 réunissant une entrée 21 d'un circuit ET 22, une entrée 23 d'un élément de mémoire 24 et une entrée 25 du circuit 16 de recherche et de commande automatique de la phase. La sortie 26 de l'élément de mémoire 24 est reliée à une deuxième entrée 27 du circuit 16 de recherche et de commande automatique de la phase
35 et à une entrée 28 du circuit ET 22 dont la sortie est reliée à une entrée de mise en fonctionnement 29 du conformateur 3 et à une entrée de commande 30 du

circuit d'inhibition 1 qui, à son tour, est relié par sa sortie à une deuxième entrée de l'élément de mémoire 24.

5 Le bloc 14 de production d'impulsions de déclenchement comporte un auto-oscillateur variable 31 dont l'entrée est reliée à la sortie d'un circuit 32 de recherche et de commande automatique de phase. La sortie de l'auto-oscillateur 31 est reliée à travers un diviseur de fréquence 33 à l'entrée d'un conformateur d'impulsions de travail 34 dont les sorties sont branchées sur des entrées 35, 36, 37 d'un bloc 38 de contrôle de coïncidence des impulsions des boucles synchrones et de commande d'interruption et de rétablissement du fonctionnement de la boucle synchrone. Une sortie 39 du bloc de contrôle 38 est branchée sur une entrée de mise en fonctionnement 40 du conformateur 11 d'impulsions d'excitation et une sortie 41 branchée sur un point commun 42 réunissant une entrée 43 d'un circuit ET 44, une entrée 45 d'un élément de mémoire 46 et une entrée 47 du circuit 32 de recherche et de commande automatique de la phase. La sortie 48 de l'élément de mémoire 46 est reliée à une entrée 49 du circuit 32 de recherche et de commande automatique de la phase et à une deuxième entrée 50 du circuit ET 44 dont la sortie est reliée à une entrée de mise en fonctionnement 51 du conformateur 11 et à une entrée de commande 52 du circuit d'inhibition 9 qui, à son tour, est branché par sa sortie sur une entrée 53 de l'élément de mémoire 46. Une entrée 54 du bloc de contrôle 38 est reliée à une sortie 55 du conformateur 18. Les sorties des auto-oscillateurs 15, 31 sont branchées chacune sur une entrée respective d'un bloc de mesure 56.

25 Le bloc 38 de contrôle de coïncidence des impulsions des boucles synchrones et de commande d'interruption et de rétablissement du fonctionnement de la boucle synchrone peut être réalisé sous des formes diverses.

L'une des variantes préférées de son exécution est représentée sur la figure 2.

30 Le bloc 38 de contrôle de coïncidence des impulsions des boucles synchrones et de commande d'interruption et de rétablissement du fonctionnement de la boucle synchrone comporte un diviseur de fréquence 57 dont la sortie est branchée sur une entrée 58 d'un circuit ET 59 branché par sa sortie sur une entrée 60 d'un circuit ET 61 et sur une entrée 62 d'un circuit ET 63, la sortie duquel est branchée sur l'entrée de positionnement 64 d'un élément de mémoire 65 dont une sortie 66 est reliée à l'entrée d'information 67 d'un élément de mémoire 68 dont une sortie 69 est branchée

sur une entrée 70 d'un circuit ET 71. La sortie d'inversion 72 de l'élément de mémoire 68 est branchée sur une entrée 73 d'un circuit ET 74 et sur l'entrée d'effacement 75 de l'élément de mémoire 65 dont la sortie d'inversion 76 est reliée à une entrée 77 du circuit ET 74 relié par sa sortie à une entrée de préréglage 78 du diviseur de fréquence 57. Une entrée 79 du diviseur de fréquence 57, reliée à une entrée 80 du circuit ET 59, et une entrée d'horloge 81 de l'élément de mémoire 68, ainsi qu'une entrée 82 du circuit ET 61 et une entrée 83 du circuit ET 71, servent, respectivement, d'entrées 35, 36, 37 du bloc de contrôle 38. Une entrée 84 du circuit ET 63 sert d'entrée 54 du bloc de contrôle 38. Les sorties des circuits ET 71 et 61 servent, respectivement, de sorties 39 et 41 du bloc de contrôle 38.

En tant que circuits d'inhibition 1, 9 (figure 1) on peut utiliser, par exemple, des circuits ET-NON. En tant qu'éléments de mémoire 24, 46 (figure 1) et 65 (figure 2) on peut utiliser des bascules RS, et la fonction de diviseur de fréquence 57 peut être remplie par une bascule D ayant une entrée de positionnement, et l'élément de mémoire 68 peut être constitué par une bascule D commandée par les impulsions d'horloge.

Chaque circuit 16 (figure 1) et 33 de recherche et de commande automatique de phase est un élément à éclateur qui accumule un potentiel, par exemple un condensateur.

Le bloc de mesure 56 comporte un mélangeur de fréquences et un dispositif de visualisation.

Le procédé de mesure aux ultrasons du débit d'un fluide en écoulement, mis en oeuvre à l'aide du dispositif décrit dans ce qui précède va maintenant être expliqué par la description du fonctionnement dudit dispositif.

Le fonctionnement du débitmètre va être examiné en deux régimes de travail, à savoir : de mise en fonctionnement et régime de mesure.

En régime de mise en fonctionnement, la tension fournie par la sortie du circuit 16 (figure 1) de recherche et de commande automatique de la phase est appliquée à l'entrée de l'auto-oscillateur variable 15 et réajuste sa fréquence. Au moment de l'application des tensions d'alimentation, la tension à la sortie du circuit 16 de recherche et de commande automatique de la phase est égale à zéro. La période de répétition des impulsions de l'auto-oscillateur variable 15 est alors de valeur minimale $T_{\min}$ (figure 3a). En outre, il faut que la condition suivante soit remplie : la période $T_{\min}$ K de répétition

des impulsions de sortie du diviseur de fréquence 17, à coefficient de division K, doit être inférieure au temps minimal de propagation du signal par la voie acoustique. La variation de la période T de l'auto-oscillateur 15 est choisie de façon que la période maximale $T_{\max}$ de répétition des impulsions de sortie du diviseur de fréquences 17 soit supérieure au temps maximal de propagation du signal par la voie acoustique. Autrement dit, doivent être remplies les conditions suivantes :

$$T_{\min} \cdot K < \frac{L}{C_{\max} + V'_{\max}}, \quad (1)$$

où L est la distance parcourue par les ondes acoustiques à travers le fluide à contrôler entre les transducteurs électro-acoustiques ;

$C_{\max}$ est la vitesse maximale de propagation des ultrasons dans le fluide à contrôler, qui dépend des propriétés du fluide et des conditions ambiantes ;

$V'_{\max}$ est la projection du vecteur de la vitesse maximale possible du fluide sur la direction du faisceau ultrasonore.

$$T_{\max} \cdot K > \frac{L}{C_{\min} - V'_{\max}}, \quad (2)$$

où $C_{\min}$ est la vitesse minimale de propagation des ultrasons dans le fluide à contrôler, qui dépend des propriétés du fluide et des conditions ambiantes.

Au moment de l'application des tensions d'alimentation, l'impulsion à la sortie de l'auto-oscillateur variable 15 est absente ; par conséquent, sont absentes les impulsions aux sorties du diviseur de fréquence 17 et du conformateur 18 d'impulsions de travail. La sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 18 se trouve à un bas niveau.

Ce niveau est enregistré par l'élément de mémoire 24 dont la sortie 26 est à un haut niveau. La sortie du circuit d'inhibition 1 à l'état initial est à un haut niveau. Comme la sortie 26 de l'élément de mémoire 24 est reliée à l'entrée 28 du circuit ET 22, la première impulsion positive 85 (figure 3 b) fournie par la sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 18 attaque l'entrée 21 du circuit ET 22, alors que l'impulsion 86 (figure 3 c) attaque d'abord l'entrée 30 du circuit d'inhibition 1 en le rendant conducteur, et ensuite, l'entrée 29 du conformateur 3 en le mettant en fonctionnement. La mise en fonctionnement du conformateur 3 est réalisée par le flanc arrière de l'impulsion positive 86.

L'impulsion 87 (figure 3 d) fournie par le conformateur 3 attaque le transducteur 4, est transformée en un signal ultrasonore qui passe par le fluide à contrôler, est reçu par le transducteur 5, qui le transforme en un signal électrique. Ce signal attaque l'amplificateur-conformateur 7, où il est amplifié et revêt la forme d'une impulsion rectangulaire 88 (figure 3 e), après quoi cette impulsion attaque l'entrée 8 du circuit d'inhibition 1. L'impulsion 88 de sortie de l'amplificateur-conformateur 7 est en retard, par rapport à l'impulsion 87 de sortie du conformateur 3, d'un temps t_1 . Comme la période des impulsions apparaissant à la sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 18 est minimale et inférieure à t_1 , l'impulsion 89 (figure 3 c) suivante fournie par la sortie du circuit ET 22 attaque l'entrée 30 du circuit d'inhibition 1 avant l'arrivée de l'impulsion fournie par la sortie de l'amplificateur-conformateur 7 à l'entrée 8 du circuit d'inhibition 1, et le circuit d'inhibition 1 est non conducteur au moment de l'arrivée de l'impulsion 88 fournie par l'amplificateur-conformateur 7. Néanmoins, l'impulsion 89 de sortie du circuit ET 22 passe par la voie acoustique de la même façon que la première impulsion, et ainsi de suite.

Simultanément, les impulsions positives apparaissant à la sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 18 attaquent l'entrée 25 du circuit 16 de recherche et de commande automatique de la phase, en élevant la tension à sa sortie (figure 3 f). A ce moment, la période de l'auto-oscillateur variable 15 croît et ceci continue jusqu'au moment où une impulsion 90 (figure 3 e) est appliquée par l'amplificateur-conformateur 7 au circuit d'inhibition 1, ce circuit d'inhibition 1 étant rendu conducteur par une impulsion 91 (figure 3 b) fournie par la sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 18. Alors l'impulsion 90 fournie par l'amplificateur-conformateur 7 attaque l'entrée 2 du conformateur 3, en le mettant en fonctionnement par son flanc avant, et la boucle synchrone pilote fonctionne (impulsion de synchronisation 92 de la figure 3 d). En même temps, une impulsion négative fournie par la sortie du circuit d'inhibition 1 attaque l'entrée de l'élément de mémoire 24, met à un bas niveau sa sortie 26, de sorte que le circuit ET 22 se trouve attaqué par un signal d'"inhibition", ce qui entraîne une limitation de la durée de l'impulsion 93 (figure 3 c) à sa sortie (moment t_2 sur la figure 3). Le flanc arrière de l'impulsion positive à la sortie du circuit ET 22 coïncide alors avec le flanc avant de l'impulsion négative à la sortie du circuit d'inhibition 1, c'est-à-dire que

le fonctionnement ultérieur de l'auto-oscillateur variable 15 n'influe pas sur le fonctionnement de la boucle synchrone pilote, et par conséquent, l'auto-oscillateur variable 15 se débranche automatiquement. Ensuite, la boucle synchrone pilote fonctionne sans interruption.

5 Après cela, le circuit 16 de recherche et de commande automatique de la phase passe en régime d'accord automatique de la phase de l'auto-oscillateur variable 15 sur la phase des impulsions en autocirculation de la boucle synchrone pilote. Un haut niveau à la sortie 26 de l'élément de mémoire 24 se rétablit sur le flanc arrière de l'impulsion positive 91 fournie
10 par la sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 18. Les impulsions fournies par la sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 18 attaquent l'entrée 25 du circuit 16 de recherche et de commande automatique de la phase, alors que son autre entrée 27 est attaquée par les impulsions de sortie 26 de l'élément de mémoire 24, dont le flanc avant coïncide avec
15 le flanc avant de l'impulsion de la boucle synchrone qui a déjà passé le circuit d'inhibition 1. Le circuit 16 de recherche et de commande automatique de la phase isole l'erreur d'écart dans le temps entre l'impulsion fournie par la sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 18 et le flanc avant de l'impulsion en autocirculation de la boucle synchrone, et convertit cette
20 erreur en un signal de commande qui règle la fréquence et la phase de l'auto-oscillateur 15. Le réglage se fait de façon que le flanc avant de l'impulsion à autocirculation de la boucle synchrone à l'intérieur de l'impulsion fournie par la sortie 19 du conformateur d'impulsion de travail 18, soit mis de préférence au milieu de ladite impulsion de la sortie 19. Alors, le
25 circuit d'inhibition 1 et, par conséquent, la boucle synchrone pilote sont rendus conducteurs par le flanc avant de l'impulsion fournie par la sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 18, et non conducteurs, par le flanc avant de l'impulsion de la boucle synchrone, c'est-à-dire que le temps pendant lequel la boucle synchrone est conductrice est égal à la moitié de la
30 durée de l'impulsion fournie par la sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 18. Du point de vue de la protection contre les parasites, la durée de l'impulsion fournie par la sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 18 est choisie égale à 1 à 2% de la période de répétition des impulsions à autocirculation.

35 En cas de disparition de la voie électro-acoustique, les impulsions fournies par la sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 18

continuent à attaquer l'entrée 25 du circuit 16 de recherche et de commande automatique de la phase, en élevant la tension à sa sortie. Dans ce cas, la période de répétition des impulsions apparaissant à la sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 18 augmente. Lorsque la tension devient maximale à la sortie du circuit 16 de recherche et de commande automatique de la phase, cette période est maximale, le circuit 16 de recherche et de commande automatique de la phase se décharge jusqu'à la tension nulle, ensuite le dispositif revient au fonctionnement normal, comme on l'a déjà décrit.

La mise en fonctionnement de la boucle synchronique pilotée se fait de la même façon par le bloc 14 de mise en fonctionnement.

Ainsi, les impulsions fournies par les sorties des auto-oscillateurs 15 et 31 sont couplées en fréquence et en phase avec les impulsions, respectivement, des boucles synchrones pilote et pilotée, mais leur fréquence est supérieure à la fréquence de répétition des impulsions des boucles synchrones conformément au coefficient de division des diviseurs de fréquence 17 et 33.

Lors du fonctionnement du débitmètre ultrasonore en régime de mesure du débit, les boucles synchrones se trouvent en régime d'autocirculation et les épures des tensions aux sorties des blocs ont les formes suivantes. Sur la figure 4a sont représentées les impulsions à la sortie du diviseur 17 de la fréquence des impulsions du bloc 13 de mise en fonctionnement de la boucle synchrone pilote. La période de répétition de ces impulsions est égale à la période T_1 de répétition des impulsions de la boucle synchrone pilote. Sur la figure 4b sont représentées les impulsions à la sortie 55 du conformateur d'impulsions de travail 18. Ces impulsions seront désignées, dans la suite de la présente description, sous le nom d'"impulsions d'inhibition" de la boucle synchrone pilote. Ces impulsions d'inhibition sont nécessaires afin d'éviter les coïncidences des impulsions des boucles synchrones pilote et pilotée. Elles seront examinées en détail plus loin. Sur la figure 4c sont représentées les impulsions à la sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 19. Sur la figure 4d sont représentés les signaux de la boucle synchrone pilote reçus par le transducteur 5. Sur la figure 4e sont représentées les impulsions de sortie du conformateur 3. Comme on le voit sur les figures 4d et 4e, la boucle synchrone pilote fonctionne en permanence et sa période est égale à T_1 .

Le coefficient de division du diviseur de fréquence 33 est choisi de telle manière que la fréquence des impulsions à sa sortie (figure 4 f) soit

un multiple entier de la fréquence des impulsions de la boucle synchrone pilotée (sur la figure 4f : deux fois plus grand). Le conformateur d'impulsions de travail 34 du bloc 14 de mise en fonctionnement de la boucle pilotée forme à partir des impulsions fournies par le diviseur 33 des impulsions d'inhibition de la boucle synchrone pilotée (figure 4 g), qui attaquent l'entrée 35 du bloc 38, et des impulsions (figure 4 h) qui attaquent l'entrée 36 du bloc 38. Ces deux trains d'impulsions correspondent aux impulsions d'inhibition de la boucle synchrone pilote et aux impulsions à la sortie 19 du conformateur d'impulsions de travail 18.

Comme les auto-oscillateurs 15 et 31 sont rigidement couplés en fréquence et en phase avec les trains d'impulsions des boucles synchrones respectives, il n'est pas difficile de satisfaire à l'exigence suivant laquelle les impulsions d'inhibition doivent "envelopper" les signaux reçus par les transducteurs électro-acoustiques 4, 5.

En outre, ce couplage rigide en fréquence et en phase de l'auto-oscillateur 31 avec les impulsions de la boucle synchrone pilotée permet au conformateur d'impulsions de travail 34 de former des impulsions (figure 4i) qui attaquent l'entrée 37 du bloc 38 et dont les flancs avant coïncident avec les flancs des impulsions de la boucle synchrone pilotée, c'est-à-dire des impulsions apparaissant à la sortie du conformateur 11. Ces impulsions (figure 4 i) seront appelées dans ce qui suit "impulsions de phase mémorisée".

La fréquence des impulsions apparaissant à la sortie du diviseur 33 étant un multiple entier de la fréquence de la boucle synchrone pilotée, le conformateur d'impulsions de travail 34 forme des trains d'impulsions d'inhibition (figure 4 g), d'impulsions de phase mémorisée (figure 4 i) et d'impulsions (figure 4 h) attaquant l'entrée 36 du bloc 38 et dont la fréquence est elle aussi un multiple entier de la fréquence de la boucle synchrone pilotée (dans le cas considéré, deux fois plus grand). C'est pourquoi chaque train d'impulsions formé peut être considéré comme le résultat de la superposition de deux trains d'impulsions (pair et impair) dont la fréquence est égale à celle de la boucle synchrone pilotée, mais qui sont déphasées l'une par rapport à l'autre d'une alternance de la boucle synchrone pilotée. Dans ce cas, grâce au réglage automatique de la phase, les flancs des impulsions de la phase mémorisée, par exemple du train d'impulsions pair, coïncident avec les flancs des impulsions produites par le conformateur 11, c'est-à-dire qu'elles sont en synchronisme avec les

impulsions de la boucle synchrone pilotée. Les impulsions d'inhibition du train d'impulsions pair "enveloppent" le signal reçu par le transducteur électro-acoustique 4. Les impulsions du seul train d'impulsions pair fournies par la sortie 41 du bloc 38 attaquent le circuit ET 44, l'élément de mémoire 46 et le circuit 32 de recherche et de commande automatique de la phase.

Etant donné que, lors de l'écoulement du fluide par le tronçon contrôlé de la tuyauterie, les boucles synchrones pilote et pilotée présentent une différence de fréquence, leurs signaux se rapprochent inévitablement l'un de l'autre. Pour éviter la coïncidence de ces signaux, le bloc 38 assure la priorité de la boucle synchrone pilote : celle-ci fonctionne en permanence. De plus, le bloc 38 contrôle la coïncidence des impulsions d'inhibition du train d'impulsions pair (impulsion 94 de la figure 4 j) et des impulsions d'inhibition fournies par le conformateur 18 (impulsion 95 de la figure 4 b).

Lorsque la coïncidence a lieu (l'impulsion 96 de la figure 4 j coïncide avec l'impulsion 97 de la figure 4 b), le bloc 38 assure le déphasage d'une alternance des impulsions à autocirculation de la boucle synchrone pilotée. Ceci est obtenu du fait que le bloc 38 ne laisse plus passer vers l'entrée 43 du circuit ET 44 les impulsions du train d'impulsions pair (impulsion 98 de la figure 4 h) et commence à laisser passer les impulsions du train d'impulsions impair (impulsion 99 de la figure 4 h), qui est déphasé d'une alternance par rapport au train d'impulsions pair. Le circuit d'inhibition 9 ne conduit pas les impulsions de la boucle synchrone correspondant aux trains d'impulsions pairs et conduit les impulsions des trains d'impulsions impairs.

En même temps, le bloc 38 laisse passer une impulsion 100 (figure 4 k) de la phase mémorisée du train d'impulsions impair, fournie par la sortie 39 et attaquant l'entrée 40 du conformateur 11, en rétablissant ainsi le fonctionnement de la boucle synchrone pilotée avec un déphasage d'une alternance. Ensuite la commande automatique de la phase se fait suivant les impulsions impaires.

En même temps, le bloc 38 commence à contrôler la coïncidence des impulsions d'inhibition de la boucle synchrone pilote avec les impulsions d'inhibition de la boucle synchrone pilotée du train d'impulsions impair (impulsion 101 de la figure 4 j). Lorsque les signaux des boucles synchrones se rapprochent de nouveau, a lieu un autre déphasage d'une alternance des

impulsions en autocirculation dans la boucle synchrone pilotée, et ainsi de suite.

Comme on le voit sur la figure 4l, qui représente les signaux de la boucle synchrone pilotée appliqués au transducteur électro-acoustique 4, et sur la figure 4d, qui représente les signaux de la boucle synchrone pilote appliqués au transducteur électro-acoustique 5, il n'y a pas de coïncidence des signaux des boucles synchrones. Pour assurer un fonctionnement normal, les durées τ des impulsions d'inhibition sont choisies conformément à l'inégalité :

$$2\tau < T/N, \quad (3)$$

où T est la période minimale de répétition des impulsions des boucles synchrones ;

N est le rapport de la fréquence des impulsions à la sortie du diviseur de fréquence 33 à la fréquence des impulsions de la boucle synchrone pilotée.

Dans le cas examinée ici, $N = 2$, et la valeur τ est choisie de façon que

$$2\tau < T/2. \quad (4)$$

Sur la figure 4m, où sont représentées les impulsions produites par le conformateur 11, on voit que la boucle synchrone pilotée rétablit son fonctionnement dans une alternance (impulsion 102 de la figure 4m). Aux valeurs plus élevées de N, on peut réduire le temps de rétablissement du fonctionnement de la boucle synchrone. Dans ce cas, la valeur minimale de τ est choisie compte tenu des paramètres réels des transducteurs électro-acoustiques 4, 5.

Comme on le voit sur les figures 4 f, g, h, i, les trains d'impulsions qui y sont représentés sont continus, parce qu'ils sont formés par les impulsions produites par l'auto-oscillateur 31 couplé en phase avec les impulsions de la boucle synchrone pilotée. C'est pourquoi, en comparant la fréquence de répétition des impulsions de l'auto-oscillateur 31 et des impulsions de la boucle synchrone pilote, on peut obtenir l'information sur le débit du fluide. Afin de ramener à une seule échelle l'information sur les fréquences des boucles synchrones, il est préférable de la prélever sur les auto-oscillateurs 15 et 31. Dans ce cas, le bloc de mesure 56 délivre une information continue sur la vitesse du fluide conformément à l'expression suivante :

$$\Delta f = n \frac{v}{D} \sin 2\alpha, \quad (5)$$

où Δf est la différence des fréquences des auto-oscillateurs 15 et 31 ;

D est le diamètre de la tuyauterie dans laquelle on mesure le débit ;

n est le coefficient de division des diviseurs de fréquences 17 et 33
compte tenu du multiplicateur d'échelle ;

5 V est la vitesse du fluide à contrôler.

Dans le débitmètre considéré ici à titre d'exemple et représenté sur la
figure 1, le coefficient $n = 100$.

On va maintenant examiner plus en détail le fonctionnement du bloc 38
(figure 2) de contrôle de coïncidence des impulsions des boucles synchrones
10 et de commande d'interruption et de rétablissement du fonctionnement de la
boucle synchrone.

Les impulsions d'inhibition (figure 4g) de la boucle synchrone pilotée,
dont la fréquence est deux fois plus élevée que celle de cette boucle
synchrone, sont transmises de l'entrée 35 du bloc 38 à l'entrée 79 du
15 diviseur de fréquence 57 et à l'entrée 80 du circuit ET 59. Comme l'entrée 58
du circuit ET 59 est reliée à la sortie du diviseur de fréquence 57, à la
sortie du circuit ET 59 apparaît chaque deuxième impulsion d'inhibition de
la boucle synchrone pilotée (par exemple, le train d'impulsions pair). La
fréquence de répétition de ces impulsions est égale à la fréquence de la
20 boucle synchrone pilotée. Ces impulsions attaquent l'entrée 60 du circuit
ET 61. La deuxième entrée 82 du circuit ET 61 est attaquée par les impulsions
(figure 4h) fournies par la sortie 36 du bloc 38. La fréquence de ces
impulsions est elle aussi deux fois plus élevée que la fréquence de la
boucle synchrone pilotée. Comme ces impulsions se trouvent "à l'intérieur" des
25 impulsions d'inhibition, à la sortie du circuit ET 61 apparaît chaque
deuxième des impulsions attaquant l'entrée 82 du circuit ET 61, lesdites
deuxièmes impulsions étant appliquées à la sortie 41 du bloc 38. Les
impulsions fournies par la sortie du circuit ET 59 attaquent également
l'entrée 62 du circuit ET 63, dont l'autre entrée 84 est attaquée, depuis
30 la sortie 54 du bloc 38, par les impulsions d'inhibition (figure 4b) de la
boucle synchrone pilote. En l'absence de coïncidence des impulsions
d'inhibition des boucles synchrones dans le circuit ET 63, la sortie 66 de
l'élément de mémoire 65 est à un bas niveau. Ce niveau est appliqué à
l'entrée d'information 67 de l'élément de mémoire 68. C'est pourquoi la
35 sortie 69 de l'élément de mémoire 68 est toujours à un bas niveau. Ce niveau
bloque l'entrée 70 du circuit ET 71, et les impulsions de la phase mémorisée

(figure 4i) attaquant l'entrée 83 du circuit ET 71 depuis l'entrée 37 du bloc 38 ne passent pas vers la sortie 39 du bloc 38.

5 En cas de coïncidence des impulsions d'inhibition 96 et 97 des boucles synchrones, il apparaît à la sortie du circuit ET 63 une impulsion qui attaque l'entrée de positionnement 64 de l'élément de mémoire 65, en portant sa sortie 66 à un haut niveau. Ce niveau est appliqué à l'entrée d'information 67 de l'élément de mémoire 68, en le préparant à l'écriture de l'information sur la coïncidence des impulsions d'inhibition. Cette information est inscrite dans l'élément de mémoire par le flanc avant de l'impulsion d'inhibition 101 (figure 4j) de la boucle synchrone pilotée arrivant à l'entrée d'horloge 81 de l'élément de mémoire 68 à partir de l'entrée 35 du bloc 38. Le rétablissement du fonctionnement de la boucle synchrone pilotée sera réalisé à l'aide de l'impulsion de la phase mémorisée 102 (figure 4m) passant à travers le circuit ET 71 à partir de l'entrée 37 du bloc 38.

15 Simultanément, après la coïncidence des impulsions d'inhibition des boucles synchrones, le bas niveau fourni par la sortie 76 de l'élément de mémoire 65 passe par le circuit ET 74 vers l'entrée de positionnement 78 de l'élément de mémoire 57 et porte sa sortie à un bas niveau, de sorte que des impulsions paires d'inhibition de la boucle synchrone pilotée n'apparaissent plus à la sortie du circuit ET 59. Sur le flanc avant de l'impulsion 101 (figure 4j), le bas niveau de la sortie 72 de l'élément de mémoire attaquant l'entrée d'effacement 75 de l'élément de mémoire 65 efface dans l'élément de mémoire 65 l'information sur la coïncidence des impulsions d'inhibition des boucles synchrones et l'entrée d'information 67 de l'élément de mémoire 68 est de nouveau portée à un bas niveau. L'impulsion suivante fournie par l'entrée 35 du bloc 38 met l'élément de mémoire 68 dans son autre état, alors que le circuit ET 71 se trouve bloqué par l'entrée 70 et le circuit ET 74 devient conducteur par l'entrée 73. Le bas niveau de l'entrée de positionnement 78 de l'élément de mémorisation 57 se trouve supprimé, et à la sortie du circuit ET 59 commencent à apparaître de nouveau les impulsions d'inhibition, mais déphasées d'une alternance, c'est-à-dire les impulsions du train d'impulsions impaires. Et ainsi de suite.

25 Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemple
35 En particulier, elle comprend tous les moyens constituant des équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons, si celles-ci sont exécutées suivant son esprit et mises en oeuvre dans le cadre des revendications qui suivent.

REVENDICATIONS

1. Procédé de mesure aux ultrasons du débit d'un fluide en écoulement, du type consistant à faire passer à travers le fluide à contrôler, simultanément et par une seule et même voie acoustique, deux trains d'impulsions à autocirculation en opposition mutuelle, tout en excluant les coïncidences des impulsions des deux trains, le débit du fluide étant déterminé d'après la différence des fréquences de répétition des impulsions des trains d'impulsions caractérisé en ce que les impulsions de l'un des trains d'impulsions sont utilisées pour la synchronisation en phase d'un auto-oscillateur dont la fréquence est un multiple entier de la fréquence de répétition des impulsions de ce train d'impulsions, et en ce que la coïncidence des impulsions respectives des deux trains d'impulsions est exclue en interrompant ledit train d'impulsions de synchronisation avant le moment de coïncidence et en le rétablissant par une impulsion de l'auto-oscillateur ne coïncidant avec aucune impulsion de l'autre train d'impulsions, la différence des fréquences de répétition des impulsions étant déterminée en comparant la fréquence de répétition des impulsions de cet autre train d'impulsions avec la fréquence de l'auto-oscillateur.

2. Débitmètre ultrasonore pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, du type comportant deux boucles synchrones constituées chacune par les éléments suivants mis en série : un circuit d'inhibition, un conformateur d'impulsions d'excitation, deux transducteurs électro-acoustiques communs aux boucles synchrones, séparés l'un de l'autre par un espace où passe le fluide à contrôler et orientés l'un par rapport à l'autre de façon à permettre l'émission et la réception d'un signal acoustique d'un transducteur à l'autre dans un sens faisant un angle différent de 90° par rapport au sens de mouvement du fluide, et un amplificateur-conformateur, ledit débitmètre comportant aussi deux blocs de production d'impulsions de déclenchement branchés chacun sur la boucle synchrone respective et constitués chacun par un auto-oscillateur variable dont l'entrée est reliée à la sortie d'un circuit de recherche et de commande automatique de la phase et dont la sortie est reliée à travers un diviseur de fréquence à l'une des entrées d'un circuit ET, à l'une des entrées du circuit de recherche et de commande automatique de la phase et à l'une des entrées d'un élément de mémoire, la sortie de ce dernier étant reliée à d'autres entrées du circuit

de recherche et de commande automatique de la phase et du circuit ET, et un bloc de mesure commun aux boucles synchrones, branché par ses entrées sur les sorties des auto-oscillateurs, ledit débitmètre étant caractérisé en ce que chaque bloc de production d'impulsions de déclenchement comporte son propre conformateur d'impulsions de travail, le conformateur d'impulsions de travail de l'un desdits blocs étant mis en série entre la sortie du diviseur de fréquence et un point commun reliant une entrée du circuit ET, une entrée de l'élément de mémoire et une entrée du circuit de recherche et de commande automatique de la phase, tandis que le conformateur d'impulsions de travail de l'autre bloc a son entrée reliée à la sortie du diviseur de fréquence, et ses sorties, à des entrées d'un bloc de contrôle de coïncidence des impulsions des boucles synchrones et de commande d'interruption et de rétablissement du fonctionnement de la boucle synchrone, une autre entrée dudit bloc de contrôle étant branchée sur une deuxième sortie du conformateur d'impulsions de travail du premier bloc de production d'impulsions de déclenchement, et les sorties du bloc de contrôle de coïncidence étant branchées, l'une sur une autre entrée du conformateur d'impulsions d'excitation correspondant au bloc considéré de production d'impulsions de déclenchement de la boucle synchrone, et l'autre, sur un point commun réunissant une entrée du circuit ET, une entrée du circuit de recherche et de commande automatique de la phase et une entrée de l'élément de mémoire.

3. Débitmètre ultrasonore selon la revendication 2, caractérisé en ce que le bloc de contrôle de coïncidence des impulsions des boucles synchrones et de commande d'interruption et de rétablissement du fonctionnement de la boucle synchrone comporte un diviseur de fréquence, un premier circuit ET branché par une première entrée sur la sortie du diviseur de fréquence, un deuxième circuit ET branché par une première entrée sur la sortie du premier circuit ET, un troisième circuit ET branché par une première entrée sur la sortie du premier circuit ET, un premier élément de mémoire branché par une première entrée sur la sortie du troisième circuit ET, un deuxième élément de mémoire branché par une première entrée sur une première sortie du premier dispositif de mémoire, un quatrième circuit ET branché par une première entrée sur une première sortie du deuxième élément de mémoire, et un cinquième circuit ET ayant une première entrée reliée à une deuxième sortie du premier élément de mémoire et dont une deuxième entrée, réunie à

une deuxième entrée du premier élément de mémoire, est reliée à une deuxième sortie du deuxième élément de mémoire, la sortie dudit cinquième circuit ET étant raccordée à une deuxième entrée du diviseur de fréquence dont une première entrée, réunie avec une deuxième entrée du premier circuit ET et
5 une deuxième entrée du deuxième élément de mémoire, constitue, avec une deuxième entrée du deuxième circuit ET et une deuxième entrée du quatrième circuit ET, une première entrée du bloc de contrôle, tandis qu'une deuxième entrée du troisième circuit ET constitue une autre entrée du bloc de
10 contrôle et que les sorties des deuxième et quatrième circuits ET servent de première et deuxième sorties dudit bloc de contrôle, respectivement.







