

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
24 décembre 2014 (24.12.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/202709 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01F 1/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2014/062921

(22) Date de dépôt international :
19 juin 2014 (19.06.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
61/837,994 21 juin 2013 (21.06.2013) US

(71) Déposant : FLOW-TRONIC S.A. [BE/BE]; Rue J.H.
Cool 19A, B-4840 Welkenraedt (BE).

(72) Inventeur : SEVAR, Jean-Marie; Rue Grande Bruyère 9,
B-WELKENRAEDT 4840 (BE).

(74) Mandataire : GROUPEMENT DE MANDATAIRES
"PRONOVEM"; c/o pronovem - Office Van Malderen,

Parc d'Affaires Zénobe Gramme - Bât. K, Square des
Conduites d'Eau 1-2, B-4020 Liege (BE).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD OF CONVERTING A MEASUREMENT OF LOCAL SPEED OF A FLUID IN A CHANNEL OR A DUCT
INTO A MEAN SPEED

(54) Titre : METHODE DE CONVERSION D'UNE MESURE DE VITESSE LOCALE D'UN FLUIDE EN UNE VITESSE
MOYENNE DANS UN CANAL OU UN CONDUIT

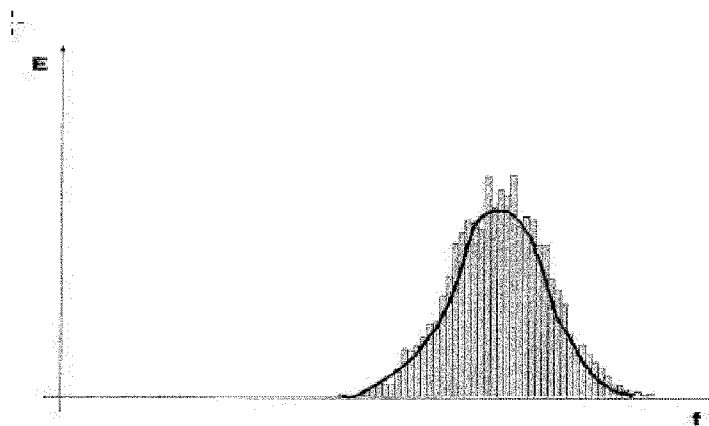


FIG.3

(57) Abstract : The present invention relates to a method of calculating the mean speed of a fluid flowing in an open channel or a partially filled duct, said fluid having a free surface of width L1 extending between the walls of the channel or of the duct, said method comprising the following steps: -local measurements of speed at the surface of the fluid over a zone of width L2, the set of local measurements generating a signal in the form of a spectrum of discrete data expressed in a temporal domain; -conversion of the spectrum of discrete data expressed in the temporal domain into a spectrum of data expressed in a frequency domain via a Fourier transform; -fitting of a Gaussian curve to the spectrum of discrete data expressed in the frequency domain and calculation of the parameters of the Gaussian curve, namely the mean μ and the standard deviation σ of the Gaussian curve; the frequency of the mean μ making it possible to calculate the mean surface speed over the zone of width L2 and the standard deviation σ making it possible to calculate the distribution of speeds over this same zone of width L2; -calculation of the ratio L2/L1 of the width L2 of the zone impacted during the measurements to the width L1 of the free surface of the fluid; -determination of the mean speed of the fluid within the open channel or the partially filled duct on the basis of the parameters of the Gaussian curve and as a function of the ratio L2/L1.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2014/202709 A1



MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)*

Publiée :

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

— *relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17.ii)*

La présente invention se rapporte à une méthode de calcul de la vitesse moyenne d'un fluide circulant dans un canal ouvert ou un conduit partiellement rempli, ledit fluide ayant une surface libre de largeur L_1 s'étendant entre les parois du canal ou du conduit, ladite méthode comprenant les étapes suivantes : - mesures locales de vitesse à la surface du fluide sur une zone de largeur L_2 , l'ensemble des mesures locales générant un signal sous forme d'un spectre de données discrètes exprimées dans un domaine temporel; - conversion d u spectre de données discrètes exprimées dans le domaine temporel en un spectre de données exprimées dans un domaine fréquentiel via une transformée de Fourier; - adaptation d'une courbe gaussienne sur le spectre de données discrètes exprimées dans le domaine fréquentiel et calcul des paramètres de la courbe gaussienne, à savoir la moyenne μ et la déviation standard σ de la courbe gaussienne; la fréquence à la moyenne μ permettant de calculer la vitesse moyenne de surface sur la zone de largeur L_2 et la déviation standard σ permettant de calculer la distribution de vitesses sur cette même zone de largeur L_2 ; - calcul du rapport L_2/L_1 entre la largeur L_2 de la zone impactée lors des mesures et la largeur L_1 de la surface libre du fluide; - détermination de la vitesse moyenne du fluide au sein du canal ouvert ou du conduit partiellement rempli sur base des paramètres de la courbe gaussienne et en fonction du rapport L_2/L_1 .

5

**METHODE DE CONVERSION D'UNE MESURE DE VITESSE LOCALE D'UN FLUIDE EN UNE
VITESSE MOYENNE DANS UN CANAL OU UN CONDUIT**

Objet de l'invention

[0001] La présente invention se rapporte à une méthode permettant de déterminer la vitesse moyenne d'un fluide dans un canal ouvert ou dans un conduit partiellement rempli. Plus précisément, elle se rapporte à une méthode de détermination de la vitesse moyenne d'un fluide sur base d'une mesure locale de la vitesse en surface du fluide.

[0002] Elle se rapporte en outre au dispositif destiné à mettre en œuvre cette méthode.

Arrière-plan technologique et état de la technique

[0003] Au sein d'un conduit parcouru par un fluide, il existe un gradient de vitesse aussi bien dans la direction horizontale que dans la direction verticale de la section droite mouillée, la vitesse étant théoriquement proche de zéro au niveau des parois du conduit. Il est dès lors nécessaire de déterminer une vitesse moyenne du fluide. Cependant, les débitmètres effectuent généralement une mesure ponctuelle ou partielle de la vitesse à la surface du liquide ou dans la section droite mouillée. Ainsi, les technologies basées sur les mesures de vitesse telles que les mesures par hélices, turbines, force, Vortex, thermique, ultrasons à temps de transit, ultrasons à effet Doppler, ultrasons à corrélation croisée et, plus particulièrement, les mesures de vitesse de surface en canaux ouverts par micro-ondes radar, par ondes acoustiques, par optique et laser rencontrent toutes le même problème de conversion d'une mesure locale précise de la vitesse en une vitesse moyenne correcte dans la section mouillée, cette

vitesse moyenne étant ensuite multipliée par la surface de la section mouillée pour obtenir le débit.

[0004] La façon la plus courante de résoudre ce problème de conversion est d'étalonner le débitmètre sur un banc d'étalonnage. Cette technique d'étalonnage est très souvent utilisée pour les conduites en charge. Pour les canaux ouverts, il est difficile voire impossible de reproduire tous les éléments du site de mesure en laboratoire hydraulique ou sur un banc d'étalonnage. Pour affiner la conversion de la mesure de vitesse locale voire ponctuelle en mesure de vitesse moyenne de la section mouillée, plusieurs techniques de calibration sont utilisées. La plus courante est le relevé d'une matrice de points de mesure de vitesse à l'aide de moulinets, sondes électromagnétiques de vitesse, sonde Doppler, sonde laser ou tout autre dispositif de mesure de vitesse ponctuelle et de convertir ce relevé de mesures de vitesses en vitesse moyenne pour le niveau d'eau et les conditions hydrauliques rencontrées lors du relevé. La calibration peut également être réalisée par des mesures de débit de référence. Ces calibrations doivent être répétées pour différents niveaux d'eau pouvant survenir dans le canal ouvert ou conduit partiellement rempli.

[0005] Les conditions hydrauliques sont généralement définies et caractérisées par le seul niveau d'eau mais d'autres paramètres (température, pH, conductibilité, turbidité, ...) peuvent être également pris en considération pour définir des conditions hydrauliques d'écoulement particulières. Dans la plupart des cas, la mesure de niveau constitue l'élément pris en compte pour caractériser les conditions hydrauliques d'écoulement. Dans certains cas particuliers, lorsque le niveau varie peu, la mesure ponctuelle ou locale de vitesse peut être prise en compte pour caractériser les conditions hydrauliques d'écoulement. Dans des situations plus particulières où il y a un blocage de l'écoulement en aval, une combinaison de la mesure de vitesse ponctuelle ou locale et du niveau permettent de déterminer les conditions hydrauliques. Une fois les conditions hydrauliques définies par une mesure ou un ensemble de mesures, un nombre de facteurs de corrections correspondant à chaque condition hydraulique pourront être relevés par calibration sur le site de mesure, et convertis en une table de conversion (généralement une table de conversion dépendante du niveau avec interpolation linéaire entre les différents points de mesure) ou un modèle de correction.

[0006] Outre la difficulté d'effectuer ce relevé avec précision, un énorme désavantage de cette méthode est qu'elle nécessite beaucoup de temps pour effectuer les relevés dans les différentes conditions hydrauliques d'écoulement. On notera d'ailleurs qu'il est parfois impossible pour des raisons techniques ou de sécurité des opérateurs d'effectuer ces relevés.

[0007] Afin d'éviter ces inconvénients de nouvelles technologies ont été brevetées ou appliquées.

[0008] Le brevet US 7,672,797 B2 décrit une méthode consistant à déterminer la vitesse maximum sur un profil de vitesse vertical et à appliquer un facteur de multiplication sur cette vitesse maximale pour calculer la vitesse moyenne.

[0009] Le brevet US 5,811,688 décrit une méthode basée sur une mesure de vitesse locale en surface du fluide consistant à appliquer des facteurs de multiplication sur la vitesse de surface mesurée, les facteurs de multiplication étant fonction du niveau de fluide dans la conduite.

[0010] D'autres technologies basées sur des modèles mathématiques peuvent également être utilisées. L'un des plus connus est le modèle se basant sur les éléments finis de Dr. Kölling tel que décrit dans le brevet EP 0 681 683 B1. Il simule un ensemble de répartitions de vitesses d'écoulement dans un canal ayant un profil connu et, ce, pour plusieurs niveaux de liquide dans le canal. Sur base d'une mesure du niveau de liquide et d'une mesure de vitesse, il sélectionne ensuite la répartition de vitesses simulées qui est appropriée pour le niveau de liquide mesuré.

[0011] L'inconvénient majeur des modèles mathématiques est qu'ils doivent être alimentés par des données caractérisant le canal ou le conduit. Ces données incluent la pente et la rugosité qui sont des éléments difficiles à déterminer avec précision et qui peuvent évoluer dans le temps pour ce qui est de la rugosité.

Buts de l'invention

[0012] La présente invention vise à s'affranchir des inconvénients de l'état de la technique.

[0013] Plus précisément, la présente invention vise à déterminer par mesure la vitesse moyenne du fluide dans la section mouillée sans recourir à des modèles de simulation ou des facteurs de correction nécessitant des calibrations fastidieuses.

5 Principaux éléments caractéristiques de l'invention

[0014] La présente invention se rapporte à une méthode de calcul de la vitesse moyenne d'un fluide circulant dans un canal ouvert ou un conduit partiellement rempli, ledit fluide ayant une surface libre de largeur $L1$ s'étendant entre les parois du canal ou du conduit, ladite méthode comprenant les étapes suivantes :

- 10 – mesures locales de vitesse à la surface du fluide sur une zone de largeur $L2$, l'ensemble des mesures locales générant un signal sous forme d'un spectre de données discrètes exprimées dans un domaine temporel ;
- conversion du spectre de données discrètes exprimées dans le domaine temporel en un spectre de données exprimées dans un domaine fréquentiel via
15 une transformée de Fourier ;
- adaptation d'une courbe gaussienne sur le spectre de données discrètes exprimées dans le domaine fréquentiel et calcul des paramètres de la courbe gaussienne, à savoir la moyenne μ et la déviation standard σ de la courbe gaussienne ; la fréquence à la moyenne μ permettant de calculer la vitesse
20 moyenne de surface sur la zone de largeur $L2$ et la déviation standard σ permettant de calculer la distribution de vitesses sur cette même zone de largeur $L2$;
- calcul du rapport $L2/L1$ entre la largeur $L2$ de la zone impactée lors des mesures et la largeur $L1$ de la surface libre du fluide ;
- 25 – détermination de la vitesse moyenne du fluide au sein du canal ouvert ou du conduit partiellement rempli sur base des paramètres de la courbe gaussienne et en fonction du rapport $L2/L1$.

[0015] Selon des modes particuliers de l'invention, la méthode comporte au moins une ou une combinaison appropriée des caractéristiques suivantes :

- plusieurs séquences de mesures locales de vitesse sont effectuées, lesdites séquences étant sommées après la transformée de Fourier résultant en une seule séquence sur laquelle la courbe gaussienne est adaptée ;
- l'étape d'adaptation d'une courbe gaussienne s'effectue sur un groupe de données discrètes le plus énergétique dans une gamme de vitesses prédéterminée ;
- ledit groupe de données discrètes le plus énergétique est sélectionné comme suit : le pic le plus énergétique dans la gamme de vitesses prédéterminée est recherché, une fraction donnée de l'énergie du pic est calculée, les groupes de mesures contigus dont l'énergie dépasse cette valeur calculée sont recherchés, les surfaces que représente chaque groupe sont calculées, le groupe ayant la surface la plus importante est retenu et une fonction gaussienne représentant une surface identique est calculée et superposée audit groupe sélectionné ;
- la fraction donnée est comprise entre $1/3$ et $1/2$;
- lorsque $L1$ égal $L2$, la vitesse moyenne du fluide au sein du canal ouvert ou du conduit partiellement rempli est égale à la vitesse moyenne de surface du fluide sur la zone de largeur $L2$;
- lorsque le rapport $L2/L1$ est supérieur ou égal à $3/5$ ou, de préférence, à $2/3$ et inférieur à 1, la vitesse moyenne du fluide au sein du canal ouvert ou du conduit partiellement rempli est égale à la vitesse moyenne de surface du fluide sur la zone de largeur $L2$ multipliée par un facteur de correction qui est fonction de la déviation standard σ de la courbe gaussienne ;
- le facteur de correction est supérieur à 0.9 et, plus précisément, compris entre 0.94 et 0.98 ;
- le rapport $L2/L1$ est inférieur à $3/5$ ou, de préférence, à $2/3$, la vitesse moyenne du fluide au sein du canal ouvert ou du conduit partiellement rempli est calculée sur base de la distribution de vitesses mesurée sur la zone de la largeur $L2$ extrapolées pour les vitesses manquantes sur base d'enregistrements préalables de la distribution de vitesses lorsque ledit rapport était supérieur ou égal à $3/5$ ou, de préférence, à $2/3$;
- elle comprend une étape préalable de validation des mesures en fonction de paramètres prédéfinis avant l'étape de détermination de la vitesse moyenne au sein du canal ouvert ou du conduit partiellement rempli ;

- les paramètres prédéfinis sont une valeur en dB du gain d'un amplificateur automatique, le nombre de données se trouvant sous l'enveloppe de la courbe gaussienne et/ou l'amplitude maximum de la courbe gaussienne par rapport à l'amplitude de toutes les mesures incluant le bruit de fond ;
- 5 - lorsque la valeur en dB du gain est supérieure à une valeur donnée, il y a une étape de focalisation sur les plus faibles vitesses du spectre et ensuite à nouveau une étape d'adaptation d'une courbe gaussienne sur le spectre de données discrètes retenus après focalisation sur les plus faibles vitesses et une étape de calcul des paramètres de la courbe gaussienne ;
- 10 - la valeur donnée est de 80 dB pour une plage de mesure comprise entre - 0.6m/s et + 0.6m/s ;
- la valeur donnée est de 84 dB pour une plage de mesure comprise entre - 0.3m/s et + 0.3m/s ;
- les paramètres prédéfinis peuvent être adaptés par un utilisateur en remplissant
- 15 un questionnaire ;
- la transformée de Fourier est une transformée de Fourier rapide.

[0016] La présente invention se rapporte également à un dispositif pour calculer la vitesse moyenne d'un fluide circulant dans un canal ouvert ou un conduit partiellement rempli, ledit fluide ayant une surface libre de largeur L1 s'étendant entre

20 les parois du canal ou du conduit, ledit dispositif comprenant :

- un capteur pour effectuer des mesures de vitesse en surface du fluide sur une zone de largeur L2 inférieure ou égale à la largeur L1 ; ledit capteur fournissant un signal sous forme d'un spectre de données discrètes exprimées dans un domaine temporel ;
- un processeur pour convertir le spectre de données discrètes exprimées dans le
- 25 domaine temporel en un spectre de données exprimées dans un domaine fréquentiel via une transformée de Fourier, pour calculer une courbe gaussienne adaptée au spectre de données exprimées dans le domaine fréquentiel, pour calculer le rapport L2/L1 et pour déterminer la vitesse moyenne au sein du canal ouvert ou un conduit partiellement rempli sur base de la courbe gaussienne et du rapport L2/L1.

30 **[0017]** Selon des modes particuliers de l'invention, le dispositif comporte au moins une ou une combinaison appropriée des caractéristiques suivantes :

- il comprend en outre des moyens de stockage pour former une banque de données utilisées ultérieurement pour calculer la vitesse moyenne du fluide au sein du canal ouvert ou du conduit partiellement rempli lorsque la distribution de vitesses sur la largeur L2 n'est pas représentative de la distribution de vitesses sur la largeur L1 ;
- 5 - il comprend une interface utilisateur qui permet de modifier sur site des conditions de validation des mesures effectuées par le capteur ;
- il comprend en outre un capteur de niveau du fluide dans le canal ou le conduit afin de calculer la largeur L1.

[0018] La présente invention se rapporte aussi à un programme d'ordinateur
10 comprenant un code logiciel adapté pour mettre en œuvre la méthode décrite ci-dessus et au moyen d'enregistrement des données lisibles par ordinateur comprenant ledit programme.

Brève description des figures

15 **[0019]** La figure 1 représente schématiquement la zone de la surface du liquide impactée par la source d'énergie lors de la mesure de vitesse. L1 correspond à la largeur de la surface libre du fluide s'écoulant dans le canal ouvert ou dans le conduit partiellement rempli et L2 correspond à la largeur de la zone impactée par la source d'énergie. La largeur est définie comme une dimension de direction perpendiculaire à la
20 direction d'écoulement du fluide.

[0020] La figure 2 représente le spectre de données discrètes obtenues après mesure et exprimées en amplitude du signal (énergie) en fonction de la fréquence après une transformée de Fourier rapide.

[0021] La figure 3 représente la courbe gaussienne adaptée sur le spectre de la
25 figure 2.

[0022] La figure 4 illustre l'effet du niveau d'eau dans la conduite sur la taille de la zone impactée par la source d'énergie du capteur.

[0023] La figure 5 représente schématiquement un écoulement de liquide dans une conduite circulaire partiellement remplie avec les différentes lignes de vitesse telles
30 qu'elles sont rencontrées dans la section droite avec leur répercussion à la surface du liquide, et la zone de mesure illuminée par les micro-ondes.

[0024] Légende

(1) Conduite ou canal

(2) Capteur

L1 : largeur de la surface libre du fluide dans la conduite ou le canal

5 L2 : largeur de la surface du fluide impactée par la source d'énergie

Description générale de l'invention

[0025] La méthode selon l'invention se base sur des mesures de vitesse de surface ou sous-surface effectuées par toute technologie capable d'effectuer une telle mesure. De préférence, les mesures sont effectuées à l'aide de sondes ou transducteurs non-intrusifs, c.à.d. sans contact avec le liquide à mesurer, telles que les mesures optiques, laser, acoustiques ou radar (micro-ondes).

[0026] Ces technologies non-intrusives de mesures de vitesse permettent par l'utilisation adéquate d'antenne à cornet (horn antenna) pour les radars à micro-ondes, de lentilles optiques pour les systèmes optiques et laser ou de guides d'ondes sonores pour les systèmes acoustiques, de focaliser l'énergie du signal émis de manière précise. Cela a pour avantage que les dimensions de la zone impactée (voir zone grise dans la Fig.1) et, en particulier, la largeur L2 de la zone impactée, peuvent être calculées précisément et comparées à la largeur L1 de la surface libre du liquide dans le canal ou conduit.

[0027] Pour les systèmes radar à micro-ondes, un nombre précis d'impulsions est envoyé du haut vers le bas avec un angle d'élévation connu vers la surface du liquide à mesurer. Les signaux réfléchis par la surface du liquide en mouvement présentent un décalage de la fréquence dû à l'effet Doppler qui est directement proportionnel à la vitesse de déplacement des particules de la surface du liquide générant les signaux réfléchis. Chaque impulsion réfléchie va générer une donnée de mesure. Le nombre d'impulsions réfléchies dans une séquence de mesures générera une mosaïque complexe de données discrètes. Ces séquences sont répétées régulièrement durant des périodes d'échantillonnages. Ceci constitue un ensemble de données discrètes exprimées en amplitude en fonction du temps.

[0028] Selon l'invention, le spectre de données de chaque séquence exprimées dans le domaine temporel est transformé en un domaine fréquentiel via une transformée de Fourier discrète (TFD) et, de préférence, une transformée de Fourier rapide (FFT) afin de réduire le temps de calcul. Le traitement numérique du spectre de données discrètes du domaine temporel par FFT dans le domaine fréquentiel permet ainsi de réaliser les filtrages nécessaires pour faire ressortir les différentes mesures de vitesses recherchées (spectre de vitesse).

[0029] Un graphique type d'une séquence de mesures après transformée de Fourier rapide FFT est montré à la figure 2.

[0030] Une caractéristique essentielle de la méthode selon l'invention consiste à effectuer une transformation mathématique complémentaire sur le spectre de données transformées plutôt que d'utiliser les données brutes issues de la transformée de Fourier rapide FFT. Les essais effectués par le demandeur ont montré que les graphiques de distribution d'énergie présente toujours la forme caractéristique en cloche propre à la fonction gaussienne. La transformation mathématique complémentaire consiste donc à adapter une fonction gaussienne à la distribution d'énergie de chaque séquence de données discrètes (best fitted Gaussian) tel que montré à la figure 3.

[0031] Si les mesures effectuées sont considérées valides pour des raisons explicitées plus loin, la fréquence Doppler à l'amplitude maximum, c.à.d. à la moyenne μ de la courbe gaussienne permet de calculer, via des relations connues, la vitesse moyenne de surface pour la zone impactée et la déviation standard σ de la courbe gaussienne permet de déterminer l'étendue du spectre de vitesses pour cette même zone impactée.

[0032] Le processeur calcule ensuite si la totalité de la largeur L1 de la surface du fluide est illuminée par la source d'énergie du capteur ou si seule une partie l'est et, dans ce cas, détermine la proportion illuminée. Si la totalité, voire une grande proportion de la surface libre est illuminée c.à.d. si plus de 3/5 et, de préférence, plus de 2/3 de la zone de la largeur L1 est illuminée, il peut être conclu que la déviation standard est non seulement représentative de la distribution horizontale de vitesses de la section mouillée mais également de la distribution verticale de vitesses dans cette

même section mouillée. En effet, il est connu de l'art antérieur (voir Fig.2 du brevet EP 0 681 683 B1 de Kölling) que la distribution verticale de vitesses est une image de la distribution horizontale de vitesses pour des profils de vitesse totalement développés, c.à.d. en l'absence de perturbations en amont et en aval de la zone de mesure. Dès lors, la vitesse moyenne calculée en surface sur base de la gaussienne peut être considérée égale ou sensiblement égale à la vitesse moyenne du fluide au sein de la section mouillée.

[0033] Si la largeur L2 de la zone illuminée est de taille inférieure à 3/5 ou, de préférence, à 2/3 de la largeur L1 de la surface libre du liquide, il est alors nécessaire de recourir à des enregistrements de mesures préalables de la déviation standard où une zone plus large était illuminée afin d'effectuer des extrapolations pour les vitesses manquantes dans les zones non impactées.

[0034] La vitesse moyenne ne peut être calculée sur base de la courbe gaussienne que si les mesures sont validées. La validation a pour objet d'éliminer des mesures qui ne seraient pas correctes.

[0035] Il y a deux cas de figures envisagés qui seront plus largement expliqués dans la description détaillée de l'invention.

[0036] Dans un premier cas de figure, l'énergie du signal reçu est grande par rapport au bruit de fond, c.à.d. que la valeur en dB du contrôle automatique du gain de l'amplificateur est inférieure à une valeur prédéterminée. Dans ce cas, le processeur vérifie que le nombre de mesures de vitesse discrètes reprisent à l'intérieur de la courbe gaussienne et/ou que l'amplitude de la courbe gaussienne par rapport à toutes les mesures se trouvant dans la totalité du spectre incluant le bruit de fond se trouvent dans une gamme de valeurs qui ont été prédéterminées lors de l'initialisation du transducteur. Si oui, les mesures sont validées. Sinon, elles sont rejetées.

[0037] Dans un second cas de figure, l'énergie du signal reçu est faible par rapport au bruit du fond, c.à.d. que la valeur en dB du contrôle automatique du gain est supérieure à une (ou plusieurs) valeur(s) prédéterminées. Cela peut être, par exemple, le cas lorsque l'écoulement au sein du conduit est lent. Dans ce cas de figure, le processeur pourrait sélectionner des vitesses parasites plus élevées car plus énergisantes et donc fournir une valeur de vitesse erronée. Pour remédier à ce

problème, une étape de focalisation sur les plus faibles fréquences du spectre, c.à.d. sur les plus faibles vitesses, est prévue comme expliqué plus en détail ci-dessous.

Description détaillée de l'invention

5 **[0038]** La méthode selon l'invention utilise les données suivantes :

- les données discrètes issues des mesures du capteur à partir desquelles on calcule la transformée de Fourier rapide (FFT) et la fonction gaussienne (best fit gaussien) à superposer au spectre exprimé dans le domaine fréquentiel, cette transformation permettant d'obtenir une mesure beaucoup plus stable dans le temps ;
- 10 - les données issues de la courbe gaussienne, à savoir la moyenne μ et la déviation standard σ , qui permettront de calculer la vitesse moyenne du fluide et l'étendue du spectre des vitesses ;
- l'énergie à l'amplitude maximum de la courbe gaussienne et l'énergie moyenne du signal transformé, c.à.d. de l'ensemble de toutes les mesures transformées, incluant
- 15 le bruit de fond, afin de déterminer le rapport signal/bruit ou SNR Signal to Noise Ratio ;
- la valeur du gain des amplificateurs automatiques ;
- le nombre de mesures de vitesses se trouvant sous l'enveloppe de la courbe gaussienne ou VSN Velocity Spectrum Number ;
- les dimensions exactes de la zone illuminée. En connaissant l'angle d'ouverture
- 20 du faisceau, l'angle d'élévation et la distance du capteur par rapport à la surface cible, il est possible de calculer avec précision la largeur L2 de la partie illuminée par le faisceau de micro-ondes. Cette information sera utilisée pour déterminer le pourcentage de la largeur L1 de la surface libre du liquide illuminée, c.à.d. le ratio entre la largeur L2 de la partie illuminée et la largeur L1 de la surface libre du fluide ;
- 25 - les dimensions et la forme du canal ou conduit ainsi que le niveau du liquide dans le canal ou conduit pour calculer la distance à laquelle se trouve le capteur par rapport au liquide ce qui permet de calculer la largeur L1 de la surface libre mentionnée ci-dessus.

[0039] Dans une première étape, le capteur effectue une série de mesures

30 locales à la surface du fluide et un ensemble de données discrètes exprimées en amplitude en fonction du temps est obtenu. Par exemple, 32 séquences de 1024

impulsions sont envoyées vers la surface du liquide lors d'une période d'échantillonnage.

[0040] Dans une seconde étape, le processeur effectue la transformée de Fourier rapide (FFT) sur les données discrètes de la première étape et, ce, pour chaque
5 séquence de données discrètes, soit 32 FFT.

[0041] Dans une troisième étape, les différentes séquences de données discrètes sont sommées afin d'obtenir une seule séquence de données discrètes de grandes amplitudes. Cela permet de faire ressortir les signaux de mesure par rapport au bruit de fond. En effet, le bruit de fond est composé de signaux aléatoires qui se
10 réduisent lors des additions alors que les séquences de mesures sont répétitives, c.à.d. similaires voire identiques en fréquence, et dès lors vont s'accroître lors des additions.

[0042] Dans une quatrième étape, l'adaptation de la courbe gaussienne sur la séquence de données discrètes obtenues après l'addition précitée est effectuée et les paramètres suivants sont calculés : la fréquence pour la moyenne μ de la courbe
15 gaussienne et la déviation standard σ de la courbe gaussienne. L'adaptation de la fonction gaussienne à la distribution de fréquences permet d'obtenir des résultats remarquables tant en précision absolue de la mesure qu'en stabilité temporelle de la vitesse de surface. Un autre avantage de l'utilisation de la fonction gaussienne est l'obtention de la valeur de la déviation standard σ qui donne une mesure directe de
20 l'étendue du spectre de vitesses mesurées. De préférence, l'adaptation de la courbe gaussienne s'effectue sur le groupe de données discrètes le plus énergétique dans la plage de mesure définie lors de la mise en service ou par l'utilisateur sur site. Ainsi, si une plage de mesures entre - 1m/s et + 6m/s a été définie, le processeur recherche le pic le plus énergétique dans cette plage. Ensuite, le processeur calcule une fraction
25 donnée de l'énergie maximale, par exemple 1/3 ou 1/2, et recherche les groupes de mesures contigus dont l'énergie dépasse cette valeur calculée. Il calcule ensuite les surfaces que représente chaque groupe. Le groupe ayant la surface la plus importante est retenu et une fonction gaussienne représentant une surface identique est calculée et superposée au groupe de mesures sélectionné. On verra à la cinquième étape, qu'il
30 est possible sur site de rechercher ce groupes de mesures dans une gamme de vitesses plus restreinte à basse vitesse si, par exemple, le signal reçu est faible.

[0043] Dans une cinquième étape, le processus de validation des mesures est entrepris et consiste à comparer certains paramètres à des valeurs prédéfinies. Si la valeur en dB du contrôle automatique du gain (AGC) est inférieure à une valeur prédéterminée, ce qui veut dire que l'énergie du signal reçu est grande par rapport au bruit de fond, et/ou si l'option focalisation sur écoulements lents n'a pas été cochée dans l'interface utilisateur, le processeur peut directement passer à l'étape de l'analyse qualité des mesures faites en vérifiant que les paramètres de qualité de la courbe gaussienne se trouvent dans les limites prédéfinies. Les paramètres à comparer à des valeurs limites sont le nombre de mesures reprises sous l'enveloppe de la courbe gaussienne « VSN Velocity Spectrum Number » et/ou l'amplitude de la courbe gaussienne représentant l'énergie du signal reçu par rapport à l'énergie moyenne du signal transformé, c.à.d. de l'ensemble de toutes les mesures transformées « SNR Signal to noise Ratio ». Les valeurs limites sont des valeurs transférées au transducteur au moment de l'initialisation ou « set-up ». Elles sont fixées par défaut et couvrent environ 70% des applications. Comme expliqué plus loin, les valeurs limites peuvent à tout moment être adaptées en fonction des conditions hydrauliques (rugosité, pente des parois, blocage en aval,...) afin de prendre en compte des conditions particulières d'un site de mesure. A cet effet, un questionnaire simple a été mis au point de manière à faciliter la tâche d'un utilisateur moins expérimenté ou n'ayant pas ou peu de notions en hydraulique. La modification des valeurs par défaut des paramètres de qualité permet de couvrir 90% à 95% des applications au lieu des +/- 70% avec les paramètres par défaut, et, ce, sans avoir à comprendre les valeurs abstraites des paramètres de qualité afin de les modifier correctement.

[0044] Des exemples de questions simples posées à l'utilisateur sont :

- 25 • La pente est-elle :
 - douce $\leq 0.2\%$
 - normale $0.2\% < P \leq 0.5\%$
 - forte $> 0.5\%$
- La rugosité du conduit est-elle :
 - 30 ○ douce (conduit PVC, PE, asbeste ciment, ...)
 - normale (conduit béton, ...)

- ☐ forte (canal maçonné, ...)
- Eau stagnante possible :
 - ☐ oui
 - ☐ non
- 5 • Variation rapide de l'écoulement due à la présence de pompes de relevage en amont proche :
 - ☐ oui
 - ☐ non
- Focalisation sur écoulements lents :
 - 10 ☐ oui
 - ☐ non
- Influence hydraulique aval (blocage, influence marée, ...):
 - ☐ oui
 - ☐ non
- 15 **[0045]** En fonction des réponses de l'utilisateur, les valeurs limites des paramètres de qualité seront automatiquement adaptées.
- [0046]** Si les paramètres de qualité sont dans les limites ainsi prédéterminées ou modifiées ultérieurement suite aux réponses au questionnaire, la mesure est validée et acceptée. Si les paramètres de qualité sont en dehors des limites ainsi prédéterminées,
- 20 la mesure est rejetée et la dernière bonne mesure est maintenue. Ce maintien se fait un nombre de fois prédéterminé « NOH Number Of Holds » avant de faire basculer la mesure à zéro ou à une autre valeur prédéterminée lors de la mise en service, ou à une valeur obtenue sur base d'un tableau niveau/vitesse sur base théorique ou mieux sur base de mesures antérieures sur le même site de mesure si l'une des options eau
- 25 stagnante possible ou influence hydraulique aval n'a pas été cochée dans le questionnaire lors de la mise en service. L'alimentation du tableau pouvant se faire automatiquement par le processeur au fur et à mesure des vitesses validées mesurées à différents niveaux ou manuellement lors de la mise en service.
- [0047]** Si la valeur en dB du contrôle automatique du gain (AGC) est supérieure
- 30 à une ou plusieurs valeur(s) prédéterminée(s), ce qui veut dire que l'énergie du signal reçu est faible par rapport au bruit de fond, et que la focalisation sur écoulements lents

a été cochée lors de la mise en service ou dans l'interface utilisateur, le processeur va répéter son analyse des signaux reçus tout en focalisant sa recherche dans une plage de mesures de faibles vitesses, c.à.d. de faibles fréquences du spectre. Par exemple, il peut focaliser sa recherche dans une plage de mesures de +/- 0.6 m/s voire +/- 0.3 m/s en fonction du niveau énergétique du signal, les valeurs limites de focalisation pouvant être modifiées lors de la mise en service, ainsi que la ou les valeur(s) limites du gain exprimé en dB, si nécessaire.

[0048] Les causes d'un rapport signal/bruit de fond faible sont dans le cas d'une mesure par radar micro-ondes presque exclusivement liées aux vitesses d'écoulements faibles et surfaces lisses associées. Le processeur aura tendance à sélectionner des vitesses parasites plus élevées car plus énergisantes. Pour d'autres techniques de mesure acoustique, optique ou laser, la distance du transducteur à la surface à mesurer peut avoir une forte influence sur le rapport signal/bruit de fond. Ces signaux parasites de forte amplitude peuvent représenter une fréquence unique ou un spectre de fréquences ressemblant à un spectre de vitesses. Le parasite à fréquence unique sera éliminé car il sera en dehors des valeurs limites des paramètres de qualité mais il masquera la valeur réelle de faible amplitude. Le spectre de fréquences représentera quant à lui une mesure de vitesse plausible mais fausse. C'est la raison pour laquelle selon l'invention il est possible d'effectuer une focalisation sur les vitesses faibles. Cette focalisation sur les vitesses faibles s'effectuera quand le contrôle automatique du gain dépasse une valeur prédéterminée, par exemple, de 80 dB pour une plage de mesure, par exemple, de +/- 0.6 m/s, voire, par exemple, 84 dB pour une plage de mesure, par exemple, de +/- 0.3 m/s. Ces valeurs limites pouvant être modifiées lors de la mise en service si nécessaire. Après focalisation sur les vitesses faibles, le processeur procédera comme susmentionné aux étapes 4 et 5.

[0049] Dans une sixième étape, le processeur calcule si la totalité de la surface est illuminée par le signal émis ou si seule une partie l'est et, dans ce dernier cas, détermine la proportion et, sur cette base, calcule la vitesse moyenne dans la section mouillée.

[0050] Il a été montré que la distribution de vitesses à la surface libre du liquide est représentative de la distribution verticale de vitesses dans la section mouillée. Dès

lors la vitesse moyenne au sein de la section mouillée peut être déduite de la vitesse moyenne à la surface du liquide. Cependant, la zone impactée peut ne pas être de taille suffisante que pour être représentative de toute la distribution de vitesses à la surface libre du liquide. Ainsi, selon la taille de la zone impactée, la vitesse moyenne au sein du conduit pourra être directement déduite de la vitesse moyenne mesurée en surface ou indirectement via des corrections ou extrapolations.

[0051] Lorsque $L1$ égal $L2$, comme expliqué ci-dessus, la vitesse moyenne du fluide sur la zone impactée, c.à.d. la vitesse à la moyenne μ de la courbe gaussienne est égale à la vitesse moyenne au sein de la section mouillée. On notera cependant que, dans certains cas, lorsque l'écoulement n'est pas turbulent tel que schématisé à la figure 5, il peut y avoir une zone de vitesse plus élevée (1.1 dans l'exemple illustré) sous la surface où la ligne de vitesse n'émerge pas en surface. Eventuellement, et, dans ce cas particulier, une légère correction de l'ordre de 1 à 2% peut être apportée à la vitesse de surface mesurée pour prendre en compte ce phénomène.

[0052] Lorsque $L2$ est inférieur à $L1$ mais compris entre $3/5$ ou, de préférence, $2/3$ et $3/3$ de $L1$, c.à.d. $3/5$ ou $2/3 \leq L2/L1 < 1$, les zones de vitesses plus lentes près des parois du conduit peuvent ne pas avoir été impactées et dès lors une correction peut s'avérer nécessaire. Cette correction est fonction de la déviation standard de la gaussienne et d'autant plus importante que le ratio $L2/L1$, et, dès lors la déviation standard, est plus faible. En pratique et, à titre indicatif, la correction à apporter à la vitesse moyenne mesurée est inférieure à 10 % et, plus précisément inférieure à 6 %. Encore plus précisément, elle est comprise entre 2 et 6 %, voire entre 2 et 4 %.

[0053] Dans certains cas, seule une portion de la surface est illuminée. C'est le cas, par exemple, pour les conduites circulaires, rectangulaires, ovoïdes ou autre où une partie des mesures sont perdues lorsque le remplissage se trouve, par exemple, entre 50 et 100 % comme montré à la figure 4. C'est le cas également si la distance entre la sonde de mesure et la surface du liquide diminue. Vu la géométrie de l'installation, seule une partie de la surface sera illuminée. Dans ces cas de figure, les données de déviation standard enregistrées préalablement pour différents μ lors des mesures pour des remplissages inférieurs sont utilisées comme projection (extrapolation) pour des remplissages plus élevés. On peut dès lors calculer la vitesse moyenne sur base de la

distribution de vitesses mesurées et des données extrapolées complétant les vitesses manquantes dans le spectre. La correction apportée est donc fonction des déviations standard enregistrées préalablement pour des remplissages inférieurs plutôt que de la déviation standard issue de la courbe gaussienne des mesures en cours. Pratiquement, et, à titre indicatif, la correction est inférieure à 10 % et, plus généralement, inférieure à 8 %. Plus précisément, elle peut être comprise entre 3 et 8 %, voire entre 4 et 6 %. La correction est également d'autant plus importante que le ratio L2/L1 est plus faible. On notera que dans des cas extrêmes où presque toute la conduite est remplie, la correction peut être positive, c.à.d. que la vitesse corrigée est supérieure à la vitesse moyenne mesurée.

[0054] Pour finir, on précisera que dans l'étape 6, le calcul du pourcentage illuminé pourrait déjà être entrepris avant l'une des étapes 3-5.

[0055] Aussi, la méthode a été plus particulièrement décrite pour un système radar à micro-ondes mais s'applique à tout système de mesures générant un spectre de mesures discrètes.

[0056] La présente méthode a été décrite avec une étape 3 de sommation des différentes séquences et ensuite une étape de fitting sur la séquence résultante. Alternativement, l'étape 3 peut être omise et une étape d'adaptation d'une courbe gaussienne pourrait être effectuée sur chaque séquence, une moyenne des paramètres μ et σ étant ensuite calculée et servant de base au calcul de la vitesse moyenne de la section mouillée.

Avantages de l'invention

[0057] La méthode selon l'invention s'affranchit de modélisations complexes ou de calibrations fastidieuses. Elle se base sur sa banque de données acquises au cours des mesures précédentes où le niveau était plus faible et où la largeur de la surface illuminée était égale à une valeur se situant entre 2/3 et la totalité 1/1 de la largeur de la surface libre. Dans ces conditions, la déviation standard représente l'étendue totale de la distribution des vitesses à la surface, qui pour un profil de vitesses totalement développé est très similaire à la distribution des vitesses dans la section verticale. Ces valeurs enregistrées qui constituent la banque de données représentent les conditions

hydrauliques d'écoulements réels dans la conduite, c.à.d. sur le site de mesure, et seront utilisées pour calculer avec beaucoup plus de facilité et de précision la vitesse moyenne à partir de la mesure de la vitesse de surface lorsque le niveau sera plus élevé et que la largeur de la partie illuminée deviendra plus petite. Comme le processeur détecte les

5 conditions dans lesquelles les données peuvent être enregistrées, on peut parler de « self learning ».

[0058] La méthode selon l'invention permet en outre d'optimiser l'analyse des données pour les conditions d'écoulement lent et d'atteindre des seuils de détection de vitesses faibles avec une meilleure précision, ainsi qu'une adaptation automatique des

10 valeurs limites des paramètres de qualité par réponse à des questions simples décrivant le site de mesure et les conditions hydrauliques.

REVENDICATIONS

1. Méthode de calcul de la vitesse moyenne d'un fluide circulant dans un canal ouvert ou un conduit partiellement rempli, ledit fluide ayant une surface libre de largeur $L1$ s'étendant entre les parois du canal ou du conduit,
- 5 ladite méthode comprenant les étapes suivantes :
- mesures locales de vitesse à la surface du fluide sur une zone de largeur $L2$, l'ensemble des mesures locales générant un signal sous forme d'un spectre de données discrètes exprimées dans un domaine temporel ;
 - conversion du spectre de données discrètes exprimées dans le domaine
 - 10 temporel en un spectre de données exprimées dans un domaine fréquentiel via une transformée de Fourier ;
 - adaptation d'une courbe gaussienne sur le spectre de données discrètes exprimées dans le domaine fréquentiel et calcul des paramètres de la courbe gaussienne, à savoir la moyenne μ et la déviation standard σ de la courbe
 - 15 gaussienne ; la fréquence à la moyenne μ permettant de calculer la vitesse moyenne de surface sur la zone de largeur $L2$ et la déviation standard σ permettant de calculer la distribution de vitesses sur cette même zone de largeur $L2$;
 - calcul du rapport $L2/L1$ entre la largeur $L2$ de la zone impactée lors des mesures
 - 20 et la largeur $L1$ de la surface libre du fluide ;
 - détermination de la vitesse moyenne du fluide au sein du canal ouvert ou du conduit partiellement rempli sur base des paramètres de la courbe gaussienne et en fonction du rapport $L2/L1$.
2. Méthode de calcul selon la revendication 1, dans laquelle
- 25 plusieurs séquences de mesures locales de vitesse sont effectuées, lesdites séquences étant sommées après la transformée de Fourier résultant en une seule séquence sur laquelle la courbe gaussienne est adaptée.
3. Méthode de calcul selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle l'étape d'adaptation d'une courbe gaussienne s'effectue sur un groupe de données
- 30 discrètes le plus énergétique dans une gamme de vitesses prédéterminée.

4. Méthode de calcul selon la revendication 3, dans laquelle ledit groupe de données discrètes le plus énergétique est sélectionné comme suit : le pic le plus énergétique dans la gamme de vitesses prédéterminée est recherché, une fraction donnée de l'énergie du pic est calculée, les groupes de mesures contigus dont l'énergie dépasse cette valeur calculée sont recherchés, les surfaces que représente chaque groupe sont calculées, le groupe ayant la surface la plus importante est retenu et une fonction gaussienne représentant une surface identique est calculée et superposée audit groupe sélectionné.

5. Méthode de calcul selon la revendication 4, dans laquelle la fraction donnée est comprise entre $1/3$ et $1/2$.

6. Méthode de calcul selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle lorsque $L1$ égal $L2$, la vitesse moyenne du fluide au sein du canal ouvert ou du conduit partiellement rempli est égale à la vitesse moyenne de surface du fluide sur la zone de largeur $L2$.

7. Méthode de calcul selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle lorsque le rapport $L2/L1$ est supérieur ou égal à $3/5$ et, de préférence à $2/3$, et inférieur à 1, la vitesse moyenne du fluide au sein du canal ouvert ou du conduit partiellement rempli est égale à la vitesse moyenne de surface du fluide sur la zone de largeur $L2$ multipliée par un facteur de correction qui est fonction de la déviation standard σ de la courbe gaussienne.

8. Méthode de calcul selon la revendication 7, dans laquelle le facteur de correction est supérieur à 0.9 et, plus précisément, compris entre 0.94 et 0.98.

9. Méthode de calcul selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle lorsque le rapport $L2/L1$ est inférieur à $3/5$ et, de préférence à $2/3$, la vitesse moyenne du fluide au sein du canal ouvert ou du conduit partiellement rempli est calculée sur base de la distribution de vitesses mesurées sur la zone de la largeur $L2$ extrapolées pour les vitesses manquantes sur base d'enregistrements préalables de la distribution de vitesses lorsque ledit rapport était supérieur ou égal à $3/5$ et, de préférence à $2/3$.

- 10.** Méthode de calcul selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une étape préalable de validation des mesures en fonction de paramètres prédéfinis avant l'étape de détermination de la vitesse moyenne du fluide au sein du canal ouvert ou du conduit partiellement rempli.
- 5 **11.** Méthode de calcul selon la revendication 10, dans laquelle les paramètres prédéfinis sont une valeur en dB du gain d'un amplificateur automatique, le nombre de mesures se trouvant sous l'enveloppe de la courbe gaussienne et/ou l'amplitude maximum de la courbe gaussienne par rapport à l'amplitude de toutes les mesures incluant le bruit de fond.
- 10 **12.** Méthode de calcul selon la revendication 11, dans laquelle lorsque la valeur en dB du gain est supérieure à une valeur donnée, il y a une étape de focalisation sur les plus faibles vitesses du spectre et ensuite à nouveau une étape d'adaptation d'une courbe gaussienne sur le spectre de données discrètes retenus après focalisation sur les plus faibles vitesses et une étape de calcul des paramètres
- 15 de la courbe gaussienne.
- 13.** Méthode de calcul selon la revendication 12, dans laquelle la valeur donnée est de 80 dB pour une plage de mesure comprise entre - 0.6m/s et + 0.6m/s.
- 14.** Méthode de calcul selon la revendication 12, dans laquelle la
- 20 valeur donnée est de 84 dB pour une plage de mesure comprise entre - 0.3m/s et + 0.3m/s.
- 15.** Méthode de calcul selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, dans laquelle les paramètres prédéfinis peuvent être adaptés par un utilisateur en remplissant un questionnaire.
- 25 **16.** Méthode de calcul selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la transformée de Fourier est une transformée de Fourier rapide.
- 17.** Dispositif pour calculer la vitesse moyenne d'un fluide circulant dans un canal ouvert ou un conduit (1) partiellement rempli, ledit fluide ayant une
- 30 surface libre de largeur L1 s'étendant entre les parois du canal ou du conduit (1), ledit dispositif comprenant :

- un capteur (2) pour effectuer des mesures de vitesse en surface du fluide sur une zone de largeur $L2$ inférieure ou égale à la largeur $L1$; ledit capteur (2) fournissant un signal sous forme d'un spectre de données discrètes exprimées dans un domaine temporel ;
- 5 – un processeur pour convertir le spectre de données discrètes exprimées dans le domaine temporel en un spectre de données exprimées dans un domaine fréquentiel via une transformée de Fourier, pour calculer une courbe gaussienne adaptée au spectre de données exprimées dans le domaine fréquentiel, pour calculer le rapport $L2/L1$ et pour déterminer la vitesse moyenne au sein du canal
10 ouvert ou du conduit (1) partiellement rempli sur base de la courbe gaussienne et du rapport $L2/L1$.

18. Dispositif selon la revendication 17, comprenant en outre des moyens de stockage pour former une banque de données utilisées ultérieurement pour calculer la vitesse moyenne du fluide au sein du canal ouvert ou du conduit
15 partiellement rempli lorsque la distribution de vitesses sur la largeur $L2$ n'est pas représentative de la distribution de vitesses sur la largeur $L1$.

19. Dispositif selon la revendication 17 ou 18, comprenant une interface utilisateur qui permet de modifier sur site des conditions de validation des mesures effectuées par le capteur (2).

20 20. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 17 à 19, comprenant en outre un capteur de niveau du fluide dans le canal ou le conduit (1) afin de calculer la largeur $L1$.

21. Programme d'ordinateur comprenant un code logiciel adapté pour mettre en œuvre la méthode selon l'une quelconque des revendications 1 à 16.

25 22. Moyen d'enregistrement des données lisibles par ordinateur comprenant le programme selon la revendication 21.

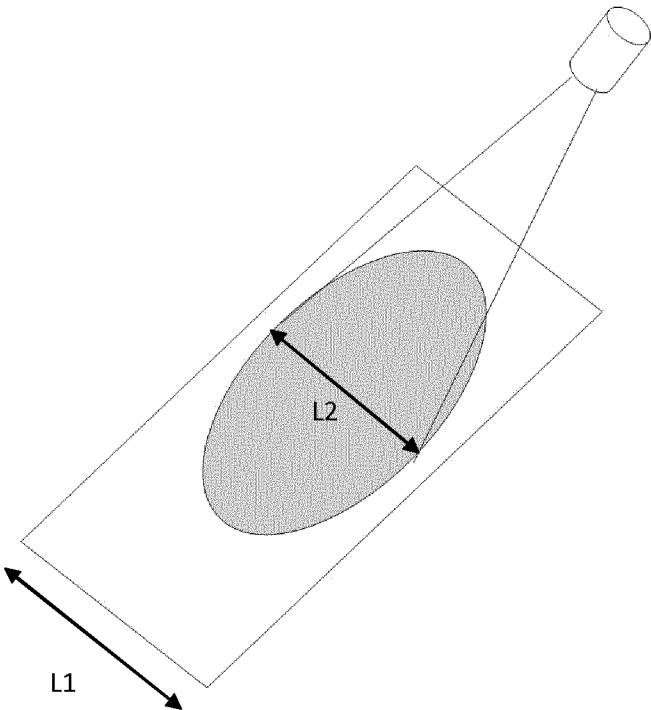


FIG.1

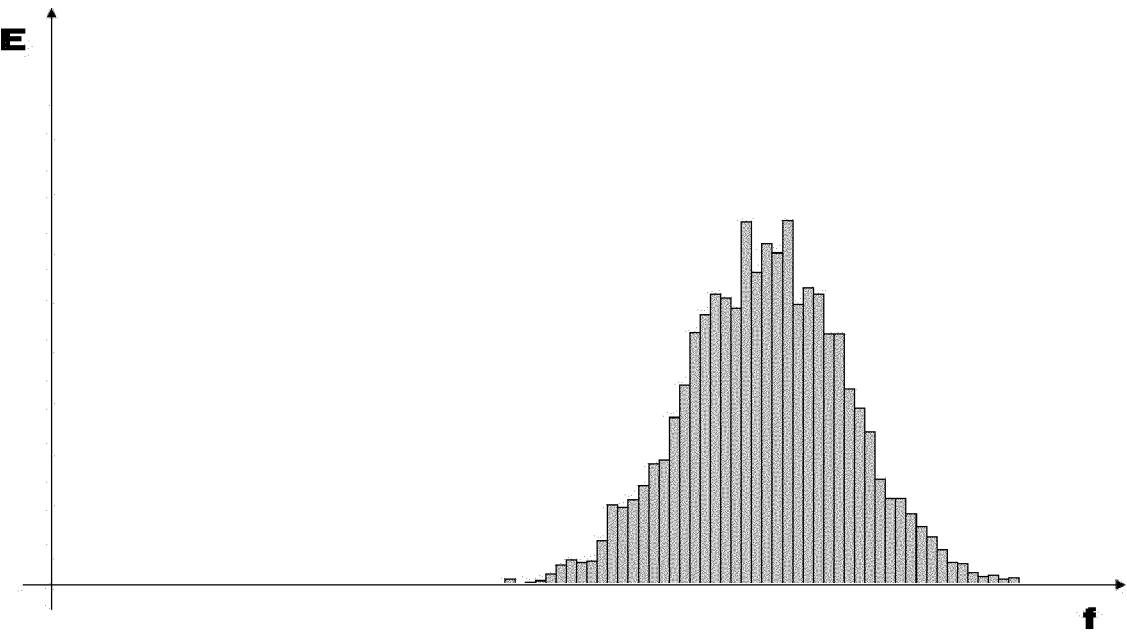


FIG.2

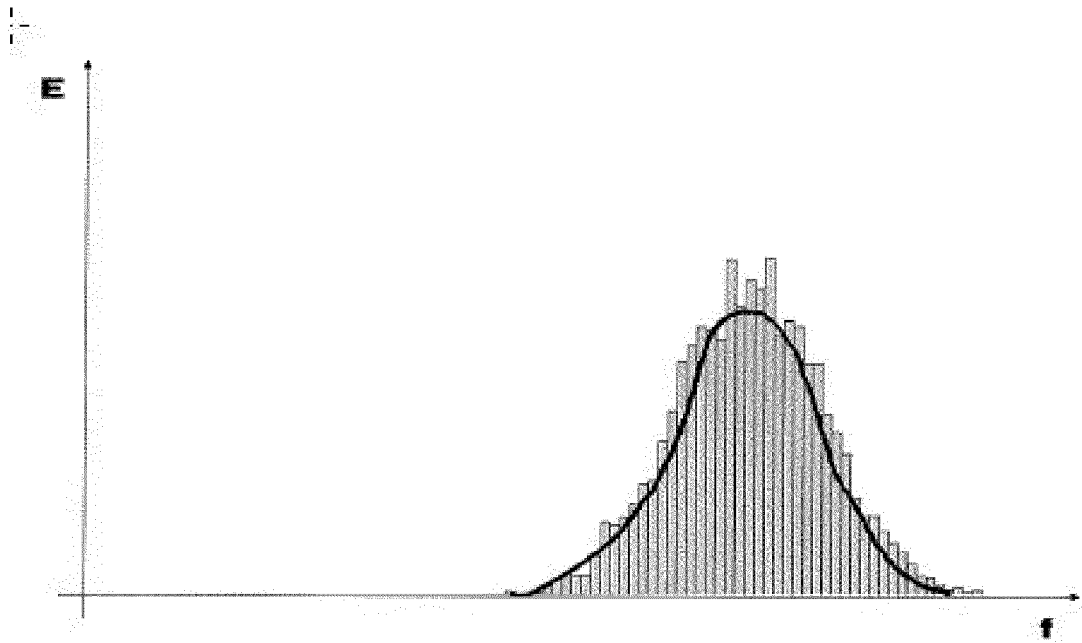


FIG.3

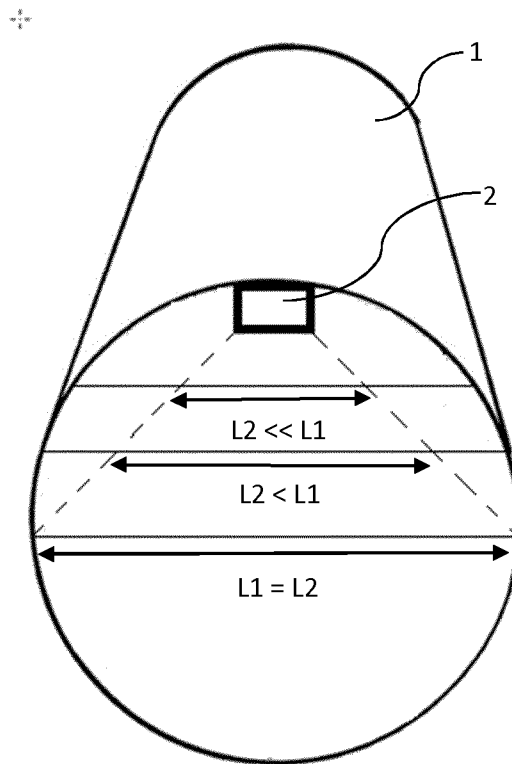
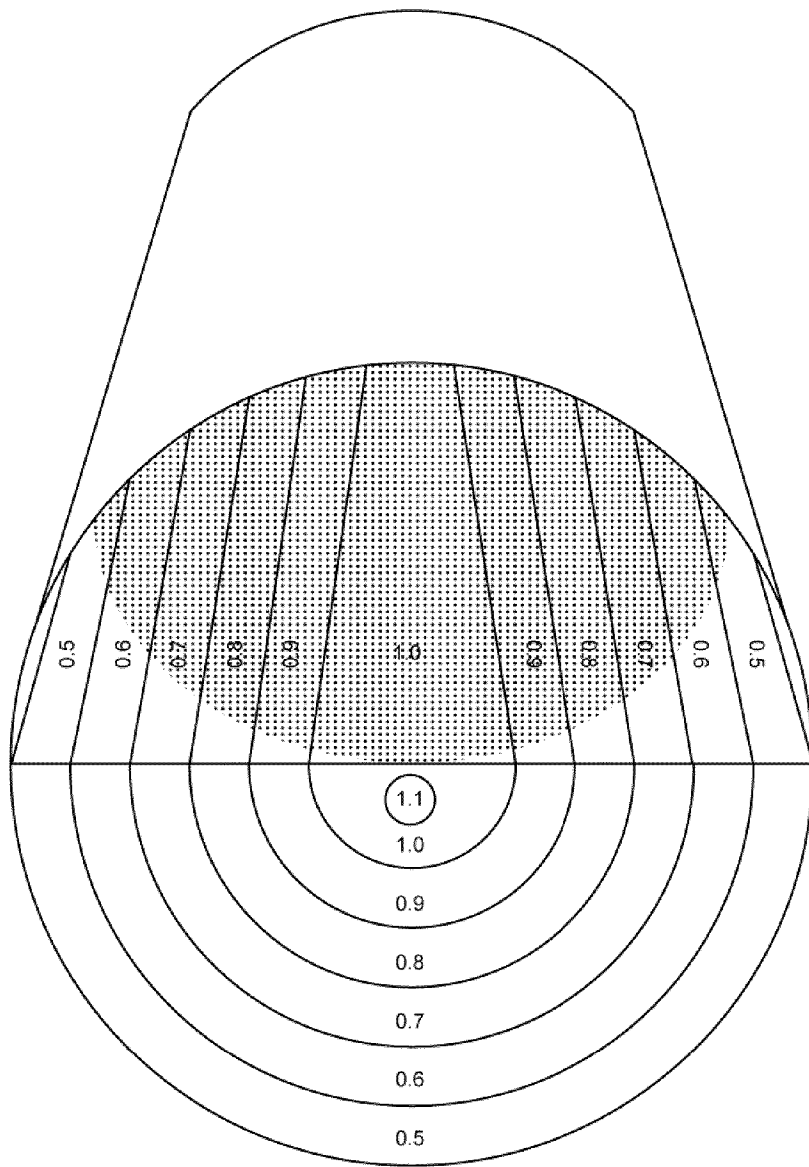


FIG.4

**Fig. 5**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/062921

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01F1/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	"SYSTEM Q-Eye Radar. Pulse-Doppler FFT Technology. Non Contact Open Channel Flow Measurement System.", HydroVision Acoustic Flow Meter, 30 June 2010 (2010-06-30), pages 1-4, XP055136969, Retrieved from the Internet: URL: http://www.globalagua.pt/cbx/q-eyerada_rea4.pdf [retrieved on 2014-08-27] Titre page 2; figure du haut page 2, paragraph Velocity Sensor page 2, paragraph Discharge Calculation; figures du bas, du milieu page 2, paragraph Depth Sensor; figure du haut page 4, lines Data logger, Display, Interface, Programming; table System -/--	1-22



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 September 2014

Date of mailing of the international search report

11/09/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Rambaud, Patrick

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/062921

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	----- FlowTronicSA: "Raven-Eye for sewer monitoring", 20 June 2013 (2013-06-20), XP054975498, Retrieved from the Internet: URL:https://www.youtube.com/watch?v=iNtyAoYjk9w [retrieved on 2014-08-28] the whole document	17-20
X	----- "TECHNICAL SPECIFICATIONS RAVEN-EYE New Generation Open Channel Non-Contact Radar Velocity Sensor", 20 June 2013 (2013-06-20), pages 1-2, XP055137155, Retrieved from the Internet: URL:http://www.flow-tronic.com/en/downloads/technical-specifications-raven-eye-en/view [retrieved on 2014-08-28] the whole document	17-20
X	----- US 5 315 880 A (BAILEY MICHAEL R [US]) 31 May 1994 (1994-05-31) abstract; figure 1 column 3, line 42 - line 49	17-20
A	----- FR 2 826 455 A1 (UNIV PASTEUR [FR]) 27 December 2002 (2002-12-27) abstract page 7, line 18 - page 8, line 5	1-22
A	----- Stéphane Fischer: "Développement d'une instrumentation ultrasonore pour la mesure des vitesses des liquides au-delà de la limite de Nyquist par une approche spectrale", Thèse, 14 February 2006 (2006-02-14), pages 1-213, XP055136903, Retrieved from the Internet: URL:http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/05/88/13/PDF/these_final.pdf [retrieved on 2014-08-27] abstract page 87, line finale - paragraph 8.4.2 page 105 - line finale, paragraph 10.3.1 ----- -/--	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/062921

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Ceyda Polatel: "LARGE-SCALE ROUGHNESS EFFECT ON FREE-SURFACE AND BULK FLOW CHARACTERISTICS IN OPEN-CHANNEL FLOWS", Phd Thesis, 31 July 2006 (2006-07-31), pages 1-234, XP055136944, Retrieved from the Internet: URL:http://www.polatel.com/polatelDissertation.pdf [retrieved on 2014-08-27] abstract page 172; table 5.5 -----	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/062921

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5315880	A	31-05-1994	NONE

FR 2826455	A1	27-12-2002	AT 384250 T 15-02-2008
			EP 1399716 A1 24-03-2004
			FR 2826455 A1 27-12-2002
			WO 03001159 A1 03-01-2003

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. G01F1/00

ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

G01F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	"SYSTEM Q-Eye Radar. Pulse-Doppler FFT Technology. Non Contact Open Channel Flow Measurement System.", HydroVision Acoustic Flow Meter, 30 juin 2010 (2010-06-30), pages 1-4, XP055136969, Extrait de l'Internet: URL: http://www.globalagua.pt/cbx/q-eyerada_rea4.pdf [extrait le 2014-08-27] Titre page 2; figure du haut page 2, alinéa Velocity Sensor page 2, alinéa Discharge Calculation; figures du bas, du milieu page 2, alinéa Depth Sensor; figure du haut page 4, ligne Data logger, Display, Interface, Programming; tableau System -/--	1-22



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

3 septembre 2014

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

11/09/2014

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Rambaud, Patrick

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	----- FlowTronicSA: "Raven-Eye for sewer monitoring", 20 juin 2013 (2013-06-20), XP054975498, Extrait de l'Internet: URL:https://www.youtube.com/watch?v=iNtyAoYjk9w [extrait le 2014-08-28] le document en entier	17-20
X	----- "TECHNICAL SPECIFICATIONS RAVEN-EYE New Generation Open Channel Non-Contact Radar Velocity Sensor", 20 juin 2013 (2013-06-20), pages 1-2, XP055137155, Extrait de l'Internet: URL:http://www.flow-tronic.com/en/downloads/technical-specifications-raven-eye-en/view [extrait le 2014-08-28] le document en entier	17-20
X	----- US 5 315 880 A (BAILEY MICHAEL R [US]) 31 mai 1994 (1994-05-31) abrégé; figure 1 colonne 3, ligne 42 - ligne 49	17-20
A	----- FR 2 826 455 A1 (UNIV PASTEUR [FR]) 27 décembre 2002 (2002-12-27) abrégé page 7, ligne 18 - page 8, ligne 5	1-22
A	----- Stéphane Fischer: "Développement d'une instrumentation ultrasonore pour la mesure des vitesses des liquides au-delà de la limite de Nyquist par une approche spectrale", Thèse, 14 février 2006 (2006-02-14), pages 1-213, XP055136903, Extrait de l'Internet: URL:http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/05/88/13/PDF/these_final.pdf [extrait le 2014-08-27] abrégé page 87, ligne finale - alinéa 8.4.2 page 105 - ligne finale, alinéa 10.3.1 ----- -/--	1-22

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	Ceyda Polatel: "LARGE-SCALE ROUGHNESS EFFECT ON FREE-SURFACE AND BULK FLOW CHARACTERISTICS IN OPEN-CHANNEL FLOWS", Phd Thesis, 31 juillet 2006 (2006-07-31), pages 1-234, XP055136944, Extrait de l'Internet: URL:http://www.polatel.com/polatelDissertation.pdf [extrait le 2014-08-27] abrégé page 172; tableau 5.5 -----	1-22

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2014/062921

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5315880	A	31-05-1994	AUCUN	

FR 2826455	A1	27-12-2002	AT 384250 T	15-02-2008
			EP 1399716 A1	24-03-2004
			FR 2826455 A1	27-12-2002
			WO 03001159 A1	03-01-2003
