

(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
31 janvier 2013 (31.01.2013)

WIPO | PCT

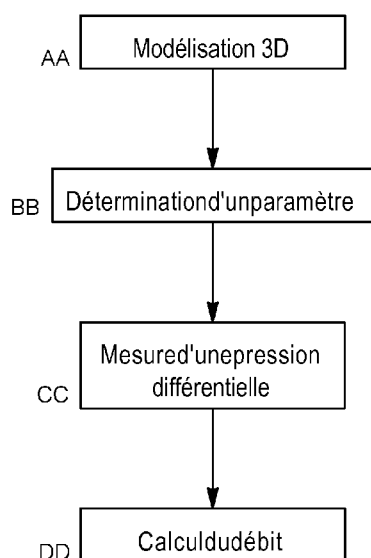
(10) Numéro de publication internationale
WO 2013/014130 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
G01F 1/34 (2006.01) *G01F 25/00* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2012/064433
- (22) Date de dépôt international :
23 juillet 2012 (23.07.2012)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1156689 22 juillet 2011 (22.07.2011) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **ELECTRICITE DE FRANCE** [FR/FR]; 22-30, avenue de Wagram, F-75008 Paris (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **DENEUX, Olivier** [FR/FR]; 10, rue de Lesdiguières, F-75004 Paris (FR). **FAVENNEC, Jean-Melaine** [FR/FR]; 48, rue du Hameau, F-95310 Saint Ouen L'Aumone (FR). **VEAU, José** [FR/FR]; 48, rue du Hameau, F-95310 Saint Ouen L'Aumone (FR).
- (74) Mandataire : **CALLON DE LAMARCK, Jean-Robert**; Cabinet Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (FR).
- (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : TRACKING OF THE FLOW RATE IN A CLOSED HYDRAULIC CONDUIT

(54) Titre : SUIVI DU DÉBIT DANS UNE CONDUITE HYDRAULIQUE FERMÉE



(57) Abstract : The present invention relates to a method of tracking the evolution of the flow rate in a closed hydraulic conduit, according to which said flow rate is measured continuously by implementing the following steps: - measurement of a differential pressure near an elbow of said conduit, - calculation of the flow rate as a function of this differential pressure, said method being characterized in that a parameter which is subsequently used in the flow rate calculation is determined prior to the continuous measurements, as a function of a 3D modelling of the geometry of the conduit at the level of the elbow.

(57) Abrégé : La présente invention concerne une méthode de suivi de l'évolution du débit dans une conduite hydraulique fermée, selon laquelle on mesure en continu ledit débit en mettant en œuvre les étapes suivantes : - mesure d'une pression différentielle au droit d'un coude de ladite conduite, - calcul du débit en fonction de cette pression différentielle, ladite méthode étant caractérisée en ce qu'on détermine préalablement aux mesures en continu, en fonction d'une modélisation 3D de la géométrie de la conduite au niveau du coude, un paramètre qui est ensuite utilisé dans le calcul de débit.

FIG. 2

AA... 3D modelling
BB... Determination of a parameter
CC... Measurement of a differential pressure
DD... Calculation of the flow rate



MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

LV, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- (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), eurasién (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,

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

Suivi du débit dans une conduite hydraulique fermée

DOMAINE TECHNIQUE GENERAL

5

La présente invention concerne le domaine technique des méthodes de mesures et de suivi de débit dans une conduite hydraulique fermée contenant un coude.

10 ETAT DE L'ART

Les mesures de débits industriels font appel à différentes techniques dont les statuts respectifs diffèrent quant à leur crédibilité et leur précision dans le monde des instrumentistes et exploitants des divers secteurs
15 industriels utilisateurs.

On peut notamment citer les méthodes suivantes :

- les méthodes normalisées notamment en utilisant des organes déprimogènes ou traceurs, électromagnétiques ; ces méthodes
20 permettent une précision élevée, mais elles sont exigeantes en termes de conditions d'installation, et nécessitent notamment de grandes longueurs droites de canalisations ;
- le bilan enthalpique appliqué aux échangeurs de chaleur ; cette méthode peut dépendre fortement de paramètres (températures par exemple)
25 difficiles à maîtriser ;
- les techniques non normalisées, par exemple les méthodes de mesure par ultrasons (effet Doppler, temps de vol), dont l'usage est en cours de développement.

30 Dans le cas particulier de la détermination du débit dans la conduite primaire d'un réacteur à eau sous pression (REP), cette dernière joue un rôle primordial dans le refroidissement du combustible du réacteur. Il est donc important de déterminer de manière précise le débit du fluide de

refroidissement dans cette conduite primaire pour des raisons de sûreté, et du fait que le fonctionnement du circuit de refroidissement impacte directement le fonctionnement des réacteurs nucléaires.

Plusieurs méthodes sont connues afin de mesurer le débit dans la
5 conduite fermée du circuit primaire, et ainsi s'assurer qu'il reste dans une plage étroite de valeurs.

Une première méthode consiste à mesurer le débit dans le circuit primaire lors d'un essai périodique réglementaire et obligatoire une fois en début
10 de cycle en réalisant un bilan enthalpique entre le circuit primaire et le circuit secondaire.

Les températures de la branche chaude et de la branche froide primaires sont alors des données essentielles pour la mise en œuvre de cette méthode. Or, la détermination de la température de la branche chaude
15 est un des termes prépondérants de l'incertitude actuelle.

En effet, cette méthode détermine la température en branche chaude en disposant plusieurs sondes dans une portion de la branche chaude, et en réalisant une moyenne des mesures effectuées par ces sondes. Or, il est reconnu que la température en branche chaude est hétérogène, et il y a
20 alors une incertitude spécifique sur le fait que la température moyenne mesurée reflète bien la température moyenne réelle du fluide.

Une seconde méthode, exploitée notamment dans certains réacteurs nucléaires conçus par la société Westinghouse aux États-Unis, définit le
25 débit d'eau en fonction de la variation de pression au niveau de l'extrados et de l'intrados d'un coude du circuit primaire, et d'un coefficient k déterminé en fonction du bilan enthalpique.

Toutefois, cette méthode fait également appel à un bilan enthalpique, ce qui engendre des incertitudes du fait de l'hétérogénéité de la température
30 en branche chaude, comme indiqué précédemment, incertitudes de facto supérieures à celle du dit bilan enthalpique.

On cherche donc à développer une méthode alternative de détermination du débit dans une conduite hydraulique fermée possédant un coude qui dans le cas du circuit primaire des centrales REP pourra s'affranchir de ces approximations, et ainsi permettra de contribuer à confirmer, voir
5 améliorer, la méthode réglementaire du bilan enthalpique.

PRESENTATION DE L'INVENTION

La présente invention vise à proposer une méthode ne présentant pas ces
10 inconvénients, et améliorant les résultats obtenus.

A cet effet, l'invention propose une méthode de suivi de l'évolution du débit dans une conduite hydraulique fermée selon laquelle on mesure en continu ledit débit en mettant en œuvre les étapes suivantes :

- 15 - mesure d'une pression différentielle entre l'intrados et l'extrados d'un coude de ladite conduite,
- calcul du débit en fonction de cette pression différentielle,
ladite méthode étant caractérisée en ce qu'on détermine préalablement aux mesures en continu, en fonction d'une modélisation 3D de la
20 géométrie de la conduite au niveau du coude, un paramètre qui est ensuite utilisé dans le calcul de débit.

L'étape de mesure d'une pression différentielle au droit du coude de la conduite est par exemple réalisée au moyen de deux piquages de
25 pression :

- un premier piquage de pression à l'intrados du coude, et
- un second piquage de pression à l'extrados du coude.

Ladite modélisation 3D comprend typiquement des étapes de :

- 30 - définition de la pression et de la température dans la conduite au niveau du coude,
- déduction de la masse volumique du fluide,
- définition de la valeur et le profil des vitesses en entrée de la conduite.

Selon un mode de réalisation particulier, on applique à ladite modélisation 3D de la géométrie de la conduite une simulation numérique d'écoulement de fluide dans ladite conduite.

- 5 En variante, ladite simulation numérique met en œuvre un modèle de turbulence de type RANS.

- 10 Selon un autre mode de réalisation, ladite modélisation 3D de la géométrie de la conduite au niveau du coude présente un maillage comprenant un nombre de mailles compris entre 2 et 4 millions, ou de manière plus générale un maillage suffisamment fin pour atteindre la convergence en maillage.

- 15 Selon un autre mode de réalisation, ledit paramètre est un coefficient K de débit, tel que :

$$K = \frac{Q}{D^{3/2} R_c^{1/2} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}}$$

où

Q est le débit de référence dans ladite portion de la conduite,

D est le diamètre interne de ladite portion de la conduite,

- 20 Rc est le rayon de courbure dudit coude,

p est la masse volumique du fluide,

ΔP est la variation de pression dans ledit coude entre son intrados et son extrados.

- 25 En variante, le calcul du débit est réalisé au moyen de la formule :

$$Q = K \times D^{3/2} \times R_c^{1/2} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

où

K est le coefficient de débit déterminé à l'aide de la modélisation 3D,

D est le diamètre interne de ladite portion de la conduite,

- 30 Rc est le rayon de courbure dudit coude,

ρ est la masse volumique du fluide,

ΔP est la variation de pression dans ledit coude, mesurée à partir des valeurs relevées par des capteurs de pression disposés dans le coude.

- 5 En variante, ladite méthode comprend en outre une étape d'affichage de la valeur de débit ainsi calculée.

La méthode proposée trouve une application spécifique pour la détermination du débit du circuit primaire de refroidissement d'un
10 réacteur à eau pressurisé.

La méthode telle que proposée par l'invention a notamment fait l'objet d'essais expérimentaux sur une maquette à l'échelle $\frac{1}{4}$ d'une installation réelle afin de valider la concordance entre les valeurs obtenues au moyen
15 de l'invention et les valeurs réelles.

Ces essais ont montré que les valeurs de débit obtenues par la mise en œuvre de l'invention et les valeurs de débit réelles présentaient bien une concordance forte, et que l'incertitude sur les valeurs obtenues s'en trouvait réduite.

- 20 La cohérence de cette méthode est également vérifiée avec des données réelles des quatre tranches N4.

PRESENTATION DES FIGURES

- 25 D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- La figure 1 présente un exemple d'une portion de conduite fermée modélisée selon un exemple de mise en œuvre de l'invention.
- 30 - La figure 2 représente schématiquement les étapes du procédé selon un aspect de l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE

On présente ci-après les différentes étapes pour la mise en œuvre du procédé selon un aspect de l'invention, et qui sont représentées schématiquement sur la figure 2.

Modélisation 3D de la géométrie d'une conduite au niveau d'un coude.

Cette étape vise à réaliser une modélisation numérique d'une portion de conduite considérée.

On sélectionne une portion de la conduite considérée. Par exemple, dans le cas d'application aux centrales REP, on sélectionne une portion comprenant une boîte à eau et une canalisation présentant un coude, par exemple ayant sensiblement une forme de U. Cette portion du circuit primaire est typiquement une portion se trouvant en sortie du générateur de vapeur du REP.

On réalise une modélisation 3D de la géométrie de la conduite, ladite modélisation étant avantageusement réalisée avec un maillage adapté pour réaliser une convergence en maillage, par exemple au moyen d'un maillage comprenant un nombre de mailles compris entre 2 millions et 4 millions. Le maillage est en particulier affiné en bordure de la conduite, dans la mesure où la valeur de la pression en bord de conduite est un paramètre déterminant.

La figure 1 présente un exemple d'une portion de conduite modélisée, comprenant une boîte à eau 1, une canalisation 2 ayant une forme générale de U et comprenant un coude 3.

La boîte à eau 1 a typiquement une forme de quart de sphère, et joue un rôle de mélangeur du débit entrant.

30

La modélisation 3D retranscrit les paramètres géométriques de la portion de circuit, et plus particulièrement le diamètre intérieur de la conduite et le rayon de courbure du coude 3.

Mesure d'une pression différentielle au droit d'un coude de la conduite.

On réalise ici une mesure de la pression dans un coude de la conduite qui fait l'objet de la modélisation 3D, en mesurant la pression à l'intrados et à l'extrados du coude.

Cette mesure de pression est réalisée par deux piquages de pression :

- un premier piquage de pression à l'intrados du coude, et
- 10 - un second piquage de pression à l'extrados du coude.

La mesure est typiquement réalisée dans un plan situé à 22,5° par rapport à l'entrée de l'écoulement dans le coude, de sorte que la différence de pression entre les deux piquages de pression soit maximisée.

15

En variante, deux capteurs ou plus peuvent être utilisés pour chaque piquage de pression à l'intrados et/ou à l'extrados du coude, de manière à avoir une redondance des mesures ce qui permet d'en renforcer la sûreté.

20 A titre d'exemple, on peut utiliser trois capteurs disposés à l'intrados pour des coudes de tranches 900 MW, quatre capteurs disposés à l'intrados pour des coudes de tranches 1300 MW et N4.

Après calibrage, ces capteurs de pression fournissent une valeur de pression en continu.

25

Détermination d'un paramètre au moyen de la modélisation 3D.

Suite à la modélisation 3D de la géométrie de la conduite et à la mesure de la pression différentielle au droit d'un coude de la conduite, on détermine un paramètre K qui pourra ensuite être utilisé afin de calculer le débit dans ladite conduite.

30

Pour cela, on réalise une simulation numérique mettant en œuvre cette modélisation 3D.

On détermine en premier lieu les paramètres d'entrée de la simulation numérique.

5

On définit la pression et la température comme étant des constantes dans la conduite, et prises par exemple égales aux valeurs nominales de fonctionnement, la masse volumique est alors déduite de ces valeurs et de tables thermodynamiques.

10

On définit la valeur et le profil de la vitesse en entrée de la conduite, la valeur de la vitesse permettant d'obtenir le débit nominal de fonctionnement.

On définit un modèle de turbulence, typiquement parmi les modèles suivants :

15

- DNS (Direct Numerical Simulation – simulation numérique directe) ; dans ce modèle, les équations de Navier Stokes sont complètement résolues sans modèle de turbulence, ce qui implique des calculs complexes et une modélisation pouvant être très longue à réaliser.

20

- LES (Large Eddy Simulation – simulation des grandes échelles) ; dans ce modèle, on sépare les phénomènes à grandes échelles des phénomènes à petites échelles à l'aide de filtres.

25

- RANS (Reynolds Average Navier Stokes – équations de Navier-Stokes avec décomposition de Reynolds) ; ce modèle fait apparaître un tenseur de Reynolds dans les équations, qui représente les phénomènes de turbulence. Il est représenté par une expression pour les modèles de 1er ordre et par une équation pour les modèles du 2nd ordre.

30

Le modèle de turbulence est avantageusement choisi pour modéliser au mieux les phénomènes proches des parois et pas seulement éloignés de celles-ci, tout en prenant en compte la valeur du nombre de Reynolds qui

est typiquement très élevé dans les conduites considérées, et le régime d'écoulement qui est alors très turbulent.

On définit enfin le pas des itérations et le temps de simulation pour que la
5 simulation arrive à un régime permanent.

Le pas de temps est avantageusement suffisamment petit pour obtenir un nombre de Courant (également appelé condition de Courant–Friedrichs–Lewy) maximum qui soit avantageusement inférieur à 1 ou tout au moins inférieur à 5 avec l'utilisation de Code_Saturne.

10

Une fois ces paramètres d'entrée de la simulation déterminés, on réalise la simulation.

On vérifie alors la convergence des résultats, et on relève la pression des mailles correspondant aux positions des capteurs de pression dans le
15 coude de la conduite.

On détermine ensuite le coefficient de débit K, tel que :

$$K = \frac{Q}{D^{3/2} R_c^{1/2} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}}$$

où

20 Q est le débit de référence dans ladite portion de la conduite,

D est le diamètre interne de ladite portion de la conduite,

R_c est le rayon de courbure dudit coude,

ρ est la masse volumique du fluide,

ΔP est la variation de pression dans ledit coude entre son intrados et son
25 extrados obtenue à partir de la simulation.

Calcul du débit.

- Une fois le coefficient de débit K déterminé, on utilise la formule précédente que l'on inverse afin d'obtenir le débit dans la conduite prise en considération.

$$Q = K \times D^{3/2} \times R_c^{1/2} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

Où

- K est le coefficient de débit déterminé à l'aide de la modélisation 3D,
 D est le diamètre interne de ladite portion de la conduite,
 10 Rc est le rayon de courbure dudit coude,
 ρ est la masse volumique du fluide,
 ΔP est la variation de pression dans ledit coude, mesurée à partir des valeurs relevées par les capteurs de pression disposés dans le coude.
- 15 Une fois calculée, la valeur de débit est typiquement affichée par exemple sur un écran, afin que l'utilisateur puisse la visualiser et suivre son évolution au cours du temps.

- La présente invention permet ainsi d'obtenir un procédé de mesure en continu du débit du circuit primaire d'un réacteur à eau pressurisée, qui est calibré pour un type de conduite, et ne nécessitant pas d'avoir la température en branche chaude comme donnée d'entrée.

- 20 Le procédé tel que présenté peut alors être utilisé pour déterminer cette température en branche chaude.

25

Le procédé proposé permet d'obtenir des mesures de débit en continu, et dans le cas d'application aux centrales REP de suivre son évolution au cours d'un cycle, contrairement aux méthodes connues telle que la méthode par bilan enthalpique.

30

Par ailleurs, l'utilisation d'un code de simulation numérique 3D de mécanique des fluides permet de s'affranchir de l'hétérogénéité de

température qui entraînait une approximation dans le débit de référence pris en compte pour les méthodes antérieures.

5 Le procédé proposé permet d'obtenir une mesure directe, absolue et continue ayant une précision accrue et une incertitude réduite par rapport aux méthodes antérieures. A titre d'exemple, des tests ont montré que le procédé selon l'invention permettait d'obtenir une incertitude inférieure à 3,5%, ce qui est avantageux par rapport aux méthodes connues qui présentent une incertitude plus élevée.

10 Dans le cas d'une application particulière à la mesure du débit du circuit primaire d'un REP, cette précision accrue permet ainsi un meilleur contrôle du circuit primaire de refroidissement, et donc de rester plus facilement entre les limites hautes et basses fixées, voire d'éviter des arrêts de production en cas d'incertitude sur l'état du circuit de
15 refroidissement. Par ailleurs, en réduisant fortement l'incertitude des mesures, on peut augmenter la production de puissance du réacteur.

REVENDICATIONS

1. Méthode de suivi de l'évolution du débit dans une conduite hydraulique fermée, selon laquelle on mesure en continu ledit débit en mettant en
5 œuvre les étapes suivantes :
- mesure d'une pression différentielle au droit d'un coude de ladite conduite,
- calcul du débit en fonction de cette pression différentielle,
ladite méthode étant caractérisée en ce qu'on détermine préalablement
10 aux mesures en continu, en fonction d'une modélisation 3D de la géométrie de la conduite au niveau du coude, un paramètre qui est ensuite utilisé dans le calcul de débit.
2. Méthode selon la revendication précédente, dans laquelle ladite étape
15 de mesure d'une pression différentielle au droit du coude de la conduite est réalisée au moyen de deux piquages de pression :
- un premier piquage de pression à l'intrados du coude, et
- un second piquage de pression à l'extrados du coude.
- 20 3. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ladite modélisation 3D comprend des étapes de :
- définition de la pression et de la température dans la conduite au niveau du coude,
- déduction de la masse volumique du fluide,
25 - définition de la valeur et le profil de la vitesse en entrée de la conduite.
4. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ladite simulation numérique met en œuvre un modèle de turbulence de type RANS.
- 30 5. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ladite modélisation 3D de la géométrie de la conduite au niveau du coude

présente un maillage comprenant un nombre de mailles compris entre 2 et 4 millions.

6. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ledit paramètre est un coefficient de débit, tel que

$$K = \frac{Q}{D^{3/2} R_c^{1/2} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}}$$

où

Q est le débit de référence dans ladite portion de la conduite primaire,

D est le diamètre interne de ladite portion de la conduite primaire,

- 10 Rc est le rayon de courbure dudit coude,

ρ est la masse volumique du fluide,

ΔP est la variation de pression dans ledit coude entre son intrados et son extrados.

- 15 7. Méthode selon la revendication précédente, dans laquelle le calcul du débit est réalisé au moyen de la formule

$$Q = K \times D^{3/2} \times R_c^{1/2} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

où

K est le coefficient de débit déterminé à l'aide de la modélisation 3D,

- 20 D est le diamètre interne de ladite portion de la conduite,

Rc est le rayon de courbure dudit coude,

ρ est la masse volumique du fluide, et

ΔP est la variation de pression dans ledit coude, mesurée à partir des valeurs relevées par des capteurs de pression disposés dans le coude.

25

8. Méthode selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre une étape d'affichage de la valeur de débit ainsi calculée.

9. Utilisation de la méthode selon l'une des revendications précédentes pour la détermination du débit du circuit primaire de refroidissement d'un réacteur à eau pressurisé.
- 5 10. Utilisation de la méthode selon l'une des revendications 1 à 8 pour la détermination du débit d'un fluide dans une conduite industrielle.

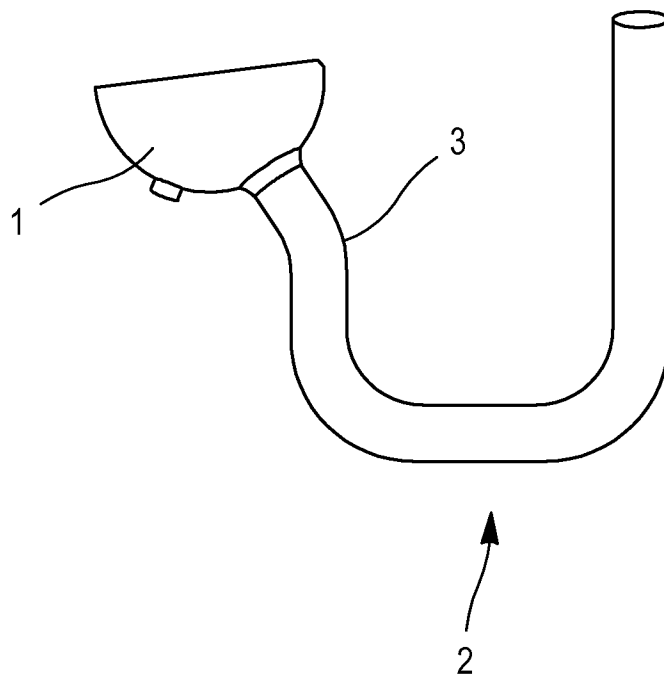


FIG.1

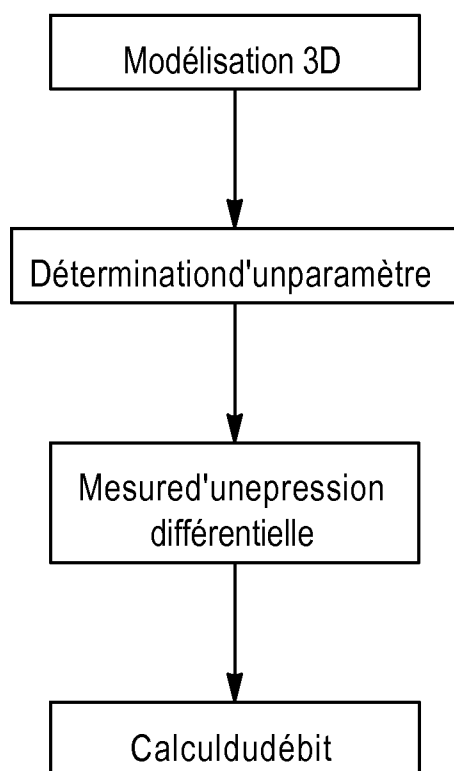


FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/064433

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01F1/34 G01F25/00
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.
Y	DATABASE WPI Week 201023 Thomson Scientific, London, GB; AN 2010-C61093 XP002669863, -& CN 101 655 381 A (UNIV NORTHEAST DIANLI) 24 February 2010 (2010-02-24) the whole document ----- -/--	1-10



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 December 2012

Date of mailing of the international search report

11/12/2012

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

Roetsch, Patrice

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/064433

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	BERGE DJEBEDJIAN,M. SAFWAT MOHAMED,ALAA ELSAYED: "Numerical studies of curvature effect on turbulent flows in 180° curved ducts", IEC 2008, 2008, XP009156658, Retrieved from the Internet: URL:http://www.angelfire.com/pro2/iwtc/CV%20-%20Dr.%20Berge%20Djebedjian/IEC%202008.pdf [retrieved on 2012-02-14] the whole document -----	1-10
A	HITOSHI SUGIYAMA ET AL: "Numerical analysis of developing turbulent flow in a 180° bend tube by an algebraic Reynolds stress model", INTERNATIONAL JOURNAL FOR NUMERICAL METHODS IN FLUIDS, vol. 47, no. 12, 30 April 2005 (2005-04-30), pages 1431-1449, XP055019674, ISSN: 0271-2091, DOI: 10.1002/flid.818 the whole document -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/064433

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CN 101655381	A	24-02-2010	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2012/064433

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01F1/34 G01F25/00 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
Y	DATABASE WPI Week 201023 Thomson Scientific, London, GB; AN 2010-C61093 XP002669863, -& CN 101 655 381 A (UNIV NORTHEAST DIANLI) 24 février 2010 (2010-02-24) le document en entier ----- -/--	1-10
☒ 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 décembre 2012		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 11/12/2012
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 Roetsch, Patrice

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	BERGE DJEBEDJIAN,M. SAFWAT MOHAMED,ALAA ELSAYED: "Numerical studies of curvature effect on turbulent flows in 180° curved ducts", IEC 2008, 2008, XP009156658, Extrait de l'Internet: URL:http://www.angelfire.com/pro2/iwtc/CV%20-%20Dr.%20Berge%20Djebedjian/IEC%202008.pdf [extrait le 2012-02-14] le document en entier -----	1-10
A	HITOSHI SUGIYAMA ET AL: "Numerical analysis of developing turbulent flow in a 180° bend tube by an algebraic Reynolds stress model", INTERNATIONAL JOURNAL FOR NUMERICAL METHODS IN FLUIDS, vol. 47, no. 12, 30 avril 2005 (2005-04-30), pages 1431-1449, XP055019674, ISSN: 0271-2091, DOI: 10.1002/flid.818 le document en entier -----	1-10

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

PCT/EP2012/064433

Document brevet cité
au rapport de recherche

Date de publication

Membre(s) de la
famille de brevet(s)

Date de publication

CN 101655381	A	24-02-2010	AUCUN
--------------	---	------------	-------