

(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
5 octobre 2017 (05.10.2017)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/167982 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01M 3/00 (2006.01) **G05D 1/02** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2017/057734

(22) Date de dépôt international :
31 mars 2017 (31.03.2017)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
16 52844 31 mars 2016 (31.03.2016) FR

(71) Déposant : AREVA NP [FR/FR]; Tour AREVA 1, Place Jean Millier, 92400 COURBEVOIE (FR).

(72) Inventeurs : LEOMY, Fabrice; 1 rue Louis Brondeault, 71530 SASSENAY (FR). BADER, Bruno; 46 rue de la Grancière, 71530 OUROUX SUR SAONE (FR). COMBRET, Guillaume; 21 rue Julien Leneveu, 71380 SAINT MARCEL (FR). THEALLIER, Olivier; 3 route de la Rouelle, 71670 SAINT PIERRE DE VARENNES (FR).

(74) Mandataires : MYON, Gérard et al.; LAVOIX, 62, rue de Bonnel, 69448 LYON CEDEX 03 (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, 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, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, 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, 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).

Publiée :

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

(54) Title : METHOD FOR DETERMINING THE POSITION AND/OR THE ORIENTATION OF A ROBOT/CARRIER MOVING THROUGH A PIPE, ASSOCIATED ASSEMBLY AND MAINTENANCE METHOD

(54) Titre : MÉTHODE DE DÉTERMINATION DE LA POSITION ET/OU DE L'ORIENTATION D'UN ROBOT/PORTEUR ÉVOLUANT DANS UNE TUYAUTERIE, ENSEMBLE ET MÉTHODE DE MAINTENANCE ASSOCIÉS

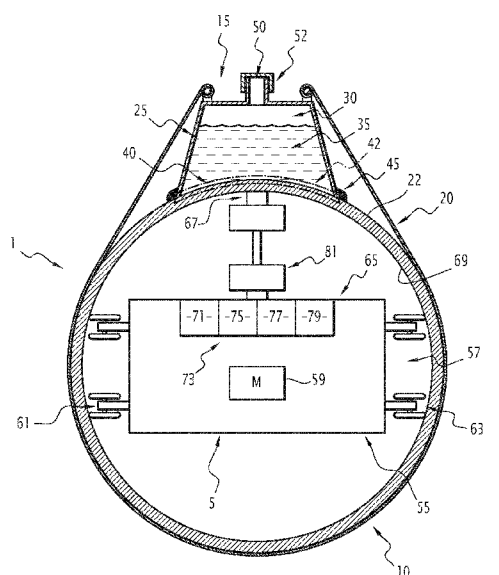


FIG.1

(57) Abstract : The present invention relates to a method for determining the position and/or the orientation of a robot or a carrier of a mechanised system (5) moving through a pipe (10), the method comprising a step of determining at least one position of the robot/carryer (5) along the pipe (10) or an orientation of the robot/carryer (5) around a central axis of the pipe (10). The method comprises: a step of attaching a frame of reference (15) to the outer surface (22) of the pipe (10) in a predetermined position, the frame of reference (15) being capable of being attached in any angular position around the pipe (10); and, a step of the robot/carryer (5) locating the frame of reference (15) when the robot/carryer (5) is inside the pipe (10).

(57) Abrégé : La présente invention concerne une méthode de détermination de la position et/ou de l'orientation d'un robot ou d'un porteur d'un système mécanisé (5) évoluant dans une tuyauterie (10), la méthode comportant une étape de détermination d'au moins l'un d'une position du robot/porteur (5) le long de la tuyauterie (10) ou d'une orientation du robot/porteur (5) autour d'un axe central de la tuyauterie (10). La méthode comprend : - une étape de fixation d'un repère (15) sur la surface extérieure (22) de la tuyauterie (10) à une position prédéterminée, le repère (15) étant apte à être fixé en toute position angulaire autour de la tuyauterie (10); et, - une étape de localisation du repère (15) par le robot/porteur (5), le robot/porteur (5) étant à l'intérieur de la tuyauterie (10).

WO 2017/167982 A1

Méthode de détermination de la position et/ou de l'orientation d'un robot/porteur évoluant dans une tuyauterie, ensemble et méthode de maintenance associés

5 La présente invention concerne, selon un premier aspect, une méthode de détermination de la position et/ou de l'orientation d'un robot ou d'un porteur d'un système mécanisé évoluant dans une tuyauterie, la méthode comportant une étape de détermination d'au moins l'un d'une position du robot/porteur le long de la tuyauterie ou d'une orientation du robot/porteur autour d'un axe central de la tuyauterie.

10 Une telle méthode est utilisée lors d'opérations de contrôle, d'usinage ou de maintenance d'une tuyauterie à l'aide d'un robot/porteur depuis l'intérieur de la tuyauterie dont l'axe peut être horizontal, vertical ou incliné selon un angle compris entre 0° et 90° par rapport à la verticale.

15 En particulier, une telle méthode est applicable lorsque l'intérieur de la tuyauterie est inaccessible à un opérateur. L'intérieur de la tuyauterie peut ainsi être de faible diamètre, contaminé ou non par un fluide radioactif ou par des produits chimiques, ou une conduite d'eau.

20 Le document JP 06323837 décrit un procédé dans lequel on introduit un robot dans un conduit et on détermine la position du robot le long du conduit. Au cours de l'étape de détermination de la position du robot le long du conduit, une onde ultrasonore est émise par un émetteur embarqué à bord du robot. Cette onde est détectée à l'aide d'un détecteur traversant la tuyauterie à une position prédéterminée.

25 Cependant, cette solution ne donne pas entière satisfaction. Il faut, en effet, insérer le récepteur dans le conduit ; une telle insertion est compliquée à mettre en œuvre lorsque le conduit contient des substances radioactives ou des produits chimiques corrosifs. De plus, une telle technique ne peut pas déterminer l'orientation du robot à l'intérieur du conduit.

30 Le but de l'invention est donc de proposer une méthode permettant la détermination de la position et/ou de l'orientation d'un robot/porteur évoluant dans une tuyauterie ainsi qu'un ensemble et une méthode de maintenance associés.

A cet effet, l'invention a pour objet une méthode de détermination de la position et/ou de l'orientation d'un robot/porteur évoluant dans une tuyauterie du type précité, caractérisée en ce qu'elle comprend :

35 - une étape de fixation d'un repère sur la surface extérieure de la tuyauterie à une position prédéterminée, le repère étant apte à être fixé en toute position angulaire autour de la tuyauterie ; et,

- une étape de localisation du repère par le robot/porteur, le robot/porteur étant à l'intérieur de la tuyauterie.

Une telle méthode apporte une facilité de mise en œuvre ; elle permet, en outre, à l'opérateur de positionner le repère à une position quelconque qui lui est favorable en toute position angulaire autour de la tuyauterie. Enfin, une telle méthode présente l'avantage de ne pas détériorer la tuyauterie.

Suivant des modes particuliers de réalisation, la méthode comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- l'étape de localisation du repère par le robot/porteur comporte les sous-étapes suivantes :

- émission d'une onde ultrasonore au niveau d'une pluralité de points de la surface interne de la tuyauterie ;

- détection d'une onde réfléchie au niveau de chacun desdits points ;

- localisation du repère en analysant les ondes réfléchies enregistrées ;

- la sous-étape de localisation du repère comprend les opérations suivantes :

- détermination d'une énergie de l'onde réfléchie au niveau de chacun desdits points ;

- comparaison de l'énergie des ondes réfléchies aux différents points ;

- la position prédéterminée est localisée, au cours de la comparaison de l'énergie des ondes réfléchies aux différents points, lorsqu'à au moins un des points, l'onde réfléchie présente une énergie sensiblement inférieure aux énergies des ondes réfléchies aux autres points ;

L'invention concerne, selon un second aspect, une méthode permettant le suivi en maintenance d'une tuyauterie, comportant au moins une campagne ayant les étapes suivantes :

- introduction d'un robot/porteur dans la tuyauterie ;

- détermination d'une position et/ou d'une orientation de référence du robot/porteur, par une méthode telle que définie plus haut ;

- réalisation d'une opération de maintenance de la tuyauterie, à l'aide du robot/porteur, par exemple une opération de mesure, de contrôle, d'usinage ou de brossage.

Suivant des modes particuliers de réalisation, la méthode permettant le suivi en maintenance d'une tuyauterie comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- à l'étape de réalisation de l'opération de maintenance de la tuyauterie, le robot/porteur positionne un outil à au moins une position par rapport à une surface interne

de la tuyauterie, le robot/porteur déterminant la position de l'outil en utilisant la position et/ou l'orientation de référence comme référence ;

- la méthode comprend plusieurs campagnes successives, le repère étant placé à la même position prédéterminée pour toutes les campagnes, l'étape de réalisation d'opérations de maintenance comprenant au moins une opération de caractérisation de la surface interne de la tuyauterie.

L'invention concerne, selon un troisième aspect, un ensemble de détermination de la position et/ou de l'orientation d'un robot/porteur évoluant dans une tuyauterie, comportant :

- un repère, apte à être fixé en toute position angulaire autour de la tuyauterie,
- un dispositif de fixation du repère contre une surface extérieure de la tuyauterie,
- un dispositif de localisation configuré pour localiser le repère fixé à l'extérieur de la tuyauterie pendant que ce robot/porteur est à l'intérieur de la tuyauterie.

Cet ensemble est particulièrement adapté pour mettre en œuvre la méthode décrite ci-dessus. Inversement, la méthode décrite ci-dessus est prévue pour être mise en œuvre par l'ensemble ayant les caractéristiques ci-dessus.

Suivant des modes particuliers de réalisation, l'ensemble comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- le repère comprend un corps rigide délimitant intérieurement une cavité remplie d'un fluide d'impédance acoustique supérieure d'au moins 50% à celle de l'air mais inférieure à 150 % de l'impédance du matériau constituant la tuyauterie ;

- le corps rigide du repère délimite une ouverture placée à proximité immédiate de la surface extérieure de la tuyauterie, le fluide contenu dans la cavité étant en contact avec la surface extérieure de la tuyauterie, le contact étant direct ou par l'intermédiaire d'une membrane souple ;

- un joint étanche recouvre les bords de l'ouverture placée à proximité immédiate de la surface extérieure de la tuyauterie ;

- le corps rigide du repère présente une épaisseur choisie pour permettre une précision de détection de la position du robot/porteur inférieure à 5mm ;

- le dispositif de localisation comprend :

- une sonde portée par le robot/porteur, configurée pour émettre des ondes ultrasonores au niveau d'une pluralité de points de la surface interne de la tuyauterie ;

- un organe de réception d'une onde réfléchie au niveau de chacun desdits points ;

- un organe de localisation configuré pour localiser le repère en analysant les ondes réfléchies reçues.

- le dispositif de fixation est une sangle ;

- une membrane souple, étanche et perméable aux ultrasons, s'étend au niveau de l'ouverture et joint le bord de l'ouverture.

L'invention concerne selon un quatrième aspect un ensemble comprenant :

- un robot/porteur ;

- un ensemble de détermination de la position et/ou de l'orientation du robot/porteur tel que défini plus haut, dans lequel le robot/porteur comprend un corps, un dispositif de propulsion configuré pour propulser le robot/porteur le long de la tuyauterie et un dispositif de manutention de la sonde agencé pour déplacer la sonde par rapport au corps au moins radialement par rapport à un axe central de la tuyauterie et circonférentiellement autour dudit axe central.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue simplifiée, en coupe, de l'ensemble selon l'invention ;

- la figure 2 est une vue en perspective du repère fixé à la tuyauterie ;

- la figure 3 est une vue en coupe de la sonde émettrice/réceptrice au niveau de l'interface entre la paroi de la tuyauterie et l'air ;

- la figure 4 est une vue en coupe de la sonde émettrice/réceptrice au niveau de l'interface entre la paroi de la tuyauterie et le corps du repère ;

- la figure 5 est une vue simplifiée, en coupe, du robot/porteur accomplissant une opération de maintenance ; et

- la figure 6 est un graphique de l'énergie E de l'onde réfléchie au cours du temps t.

L'ensemble 1 est prévu pour la détermination de la position et/ou de l'orientation d'un robot ou d'un porteur d'un système mécanisé 5 évoluant dans une tuyauterie 10, comme représenté sur les figures 1 et 5.

Un robot embarque son système de propulsion et se déplace de manière autonome. Un porteur est un élément d'un système mécanique introduit dans la tuyauterie et déplacé depuis une extrémité de la tuyauterie. Le porteur comporte, par exemple, un corps, un dispositif de propulsion déporté par rapport au corps, et un bras articulé à l'extrémité duquel est agencé un système mécanisé.

Les domaines d'application concernés sont, par exemple, le nucléaire, la chimie, le gaz, la pétrochimie ou encore les conduites d'eau urbaine. En pratique, tout type de conduite/tuyauterie véhiculant un liquide ou un gaz est concerné par l'invention.

Le robot/porteur est prévu pour réaliser des opérations de maintenance à l'intérieur de cette tuyauterie. Ces opérations de maintenance comprennent, par exemple, des opérations de mesures, de contrôles, d'usinage, ou encore de brossage depuis l'intérieur de la tuyauterie. Du fait des conditions à l'intérieur de la tuyauterie (débit de dose, contamination par des radioéléments, contamination chimique, ...), il n'est pas possible d'intervenir directement dans la tuyauterie.

Le robot/porteur est typiquement téléopéré depuis un poste de conduite 12 éloigné de la tuyauterie, situé dans une zone sans risque pour les opérateurs.

L'ensemble 1 comporte un repère 15 et un dispositif de fixation 20 de ce repère 15 contre une surface extérieure 22 de la tuyauterie 10.

Le dispositif de fixation 20 est par exemple une sangle enroulée autour de la tuyauterie 10. La sangle plaque le repère 15 contre la tuyauterie 10. Le repère 15 est apte à être fixé en toute position angulaire autour de la tuyauterie 10.

En variante, le dispositif de fixation est tout autre type de dispositif de maintien adapté à la fixation du repère 15 sur l'extérieur de la tuyauterie 10.

La tuyauterie 10 est, par exemple, en métal et, par exemple, en acier.

Le repère 15 est présenté plus en détail sur la figure 2. Il est rapporté sur la tuyauterie 10, au sens où le repère 15 n'est pas un relief creusé ou ménagé dans la matière constituant la tuyauterie 10.

Ce repère 15 comporte un corps rigide 25 délimitant intérieurement une cavité 30.

Cette cavité 30 est remplie par un fluide 35 d'impédance acoustique très supérieure à celle de l'air. Pour rappel, l'impédance acoustique d'un milieu caractérise la résistance de ce milieu au passage d'une onde. Par exemple, le fluide a une impédance acoustique supérieure d'au moins 50% à celle de l'air, valant de préférence au moins deux fois celle de l'air, encore de préférence au moins 5 fois celle de l'air. Le fluide a typiquement une impédance acoustique inférieure à 150 % de l'impédance du matériau constituant la tuyauterie (10), de préférence inférieure à la moitié de celle du matériau constituant la tuyauterie, encore de préférence inférieure à un cinquième de celle du matériau constituant la tuyauterie.

Préférentiellement, le fluide 35 est un liquide et, par exemple, de l'eau.

Le corps rigide 25 délimite une ouverture 40 placée à proximité immédiate de la surface extérieure 22 de la tuyauterie 10.

Dans un mode de réalisation, le fluide 35 contenu dans la cavité 30 est en contact direct avec la surface extérieure 22 de la tuyauterie 10. Un joint étanche 45 recouvre le bord de l'ouverture 40 placée à proximité immédiate de la surface extérieure 22 de la

tuyauterie 10. Le joint 45 crée une étanchéité entre le bord de l'ouverture 40 et la tuyauterie 10, tout autour de l'ouverture 40.

Ce mode de réalisation est celui illustrée sur les figures 1 et 4.

En variante, une membrane souple 42, étanche et perméable aux ultrasons, s'étend au niveau de l'ouverture 40 et est fixée de manière étanche sur le bord de l'ouverture 40. La membrane souple 42 est apte à retenir le fluide 35 contenu dans la cavité 30. La membrane souple 42 est propre à être en contact avec la surface extérieure 22 de la tuyauterie 10, lorsque le repère 15 est fixé sur la tuyauterie 10 par le dispositif de fixation 20.

La membrane 42 est, par exemple, en polymère et présente avantageusement une épaisseur fine, de l'ordre du millimètre.

Préférentiellement, le corps rigide 25 délimite une deuxième ouverture 50 de remplissage de la cavité 30 du repère 15. La deuxième ouverture 50 est apte à être placée à tout endroit de la cavité 30.

Un dispositif de fermeture 52 permet alors d'empêcher le fluide 35 de sortir de la cavité 30 par la deuxième ouverture 50.

Préférentiellement, le corps rigide 25 du repère présente une épaisseur choisie pour permettre une précision de détection de la position du robot/porteur 5 inférieure à 5mm.

Dans le mode de réalisation des figures 1 et 5, un robot 5 évolue à l'intérieur de la tuyauterie 10. Ce robot 5 est présenté en coupe sur la figure 1.

Il comprend un corps 55 et un dispositif de propulsion 57 configuré pour propulser le robot 5 le long de la tuyauterie. Le dispositif de propulsion 57 est monté sur le corps 55. Il comporte typiquement au moins un moteur 59 et deux jeux de roues 61 et 63 entraînées en rotation par le moteur 59. Les roues sont réparties de part et d'autre du corps 55.

Les deux jeux de roues 61 et 63 sont agencés pour permettre au robot 5 de se déplacer à l'intérieur de la tuyauterie 10, longitudinalement le long de l'axe de la tuyauterie. Avantageusement, les roues permettent un déplacement angulaire autour de l'axe de la tuyauterie 10. Le robot 5 est apte à se déplacer dans la tuyauterie 10, indépendamment de l'angle entre l'axe de la tuyauterie et le sol.

L'ensemble 1 comporte encore un dispositif de localisation 65 configuré pour localiser le repère 15 fixé à l'extérieur de la tuyauterie 10 pendant que le robot/porteur 5 est à l'intérieur de la tuyauterie 10.

Ce dispositif de localisation 65 comprend :

- une sonde 67 portée par le robot/porteur 5, configurée pour émettre des ondes ultrasonores au niveau d'une pluralité de points de la surface interne 69 de la tuyauterie 10 ;

- un organe 71 de réception d'une onde réfléchie au niveau de chacun desdits points ;

- un organe de localisation 73 configuré pour localiser le repère 15 en analysant les ondes réfléchies reçues.

La sonde 67 est, par exemple, une sonde émettrice/réceptrice d'ondes ultrasonores, auquel cas l'organe de réception 71 est la sonde 67 elle-même. En variante, la sonde 67 et l'organe de réception 71 sont deux éléments distincts l'un de l'autre. Cette variante correspond au mode de réalisation de la figure 1.

La sonde 67 comporte avantageusement une pastille piézo électrique.

La sonde 67 est susceptible d'être plaquée en différents points de la surface interne par le robot/porteur 5, comme décrit plus loin.

L'organe de localisation 73 est typiquement un organe électronique tel qu'un calculateur ou une partie de calculateur. L'organe de réception 71 transfère les données relatives aux ondes réfléchies à l'organe de localisation 73, qui comporte typiquement une mémoire dans laquelle ces données sont enregistrées.

L'organe de localisation 73 comprend typiquement:

- un module 75 de détermination d'une énergie de l'onde réfléchie pour chacun desdits points ;

- un module 77 de comparaison de l'énergie des ondes réfléchies aux différents points.

Comme décrit plus loin, le module 77 est, par exemple, programmé pour que la position prédéterminée soit localisée, au cours de la comparaison de l'énergie des ondes réfléchies aux différents points, lorsqu'à au moins un des points, l'onde réfléchie présente une énergie sensiblement inférieure aux énergies des ondes réfléchies aux autres points.

L'organe de localisation 73 est, par exemple, embarqué à bord du robot/porteur, comme dans la figure 1.

En variante, l'organe de localisation 73 est implanté à distance du robot/porteur, par exemple dans le poste de conduite 12 d'où le robot/porteur 5 est piloté, ou dans une autre salle. Dans ce cas, le robot/porteur 5 comporte un émetteur 79 prévu pour transmettre les ondes réfléchies enregistrées jusqu'à l'organe de localisation 73.

Selon une variante, la comparaison de l'énergie des ondes réfléchies aux différents points est effectuée par un opérateur, à partir des valeurs d'énergie calculées par le module de détermination 75. L'organe de localisation 73 dans ce cas ne comporte

que le module de détermination 75 et pas le module de comparaison 77. Le robot/porteur 5 comprend alors l'émetteur 79, prévu dans ce cas pour transmettre à l'opérateur les énergies calculées.

Comme indiqué plus haut, le robot/porteur comprend, en outre, un dispositif 81 de manutention de la sonde 67, agencé pour déplacer la sonde par rapport au corps au moins radialement par rapport à un axe central de la tuyauterie et circonférentiellement autour dudit axe central.

Pour ce faire, le dispositif 81 est, par exemple, muni d'une tête rotative sur laquelle est monté un bras télescopique d'orientation radiale, portant la sonde 67.

Avantageusement, pour chaque position longitudinale du robot/porteur 5 le long de l'axe de la tuyauterie 10, le dispositif de manutention 81 permet à la sonde 67 de réaliser un tour complet de la paroi intérieure de la tuyauterie 10.

Le dispositif 81 est, de plus, apte à plaquer la sonde 67 contre la surface interne 69 de la tuyauterie 10.

Ceci permet à la sonde 67 du robot/porteur 5 d'explorer l'ensemble de la surface interne 69 de la tuyauterie 10.

Le fait d'avoir détecté le repère 15, dont la position est connue, permet de connaître la position du robot/porteur 5 dans l'espace, notamment sa position longitudinalement le long de la tuyauterie 10. Cela permet également de connaître l'orientation du robot/porteur 5 autour de l'axe de la tuyauterie, c'est-à-dire sa position angulaire autour de l'axe, du fait que la position angulaire du repère 15 est connue.

La position du repère 15 déterminée par l'organe de localisation 73 est susceptible d'être utilisée par le robot/porteur 5 comme référence de position dans l'espace, et/ou comme référence d'orientation, notamment pour des opérations de maintenance. Plus précisément, la position du repère 15 peut être utilisée comme référence de position longitudinalement le long de la tuyauterie 10, et comme référence de position angulaire autour de l'axe de la tuyauterie 10.

Le robot/porteur 5 est apte à réaliser des opérations de maintenance telles que, par exemple, des opérations de mesures, de contrôles, d'usinage, ou encore de brossage depuis l'intérieur de la tuyauterie 10.

Afin de réaliser de telles opérations de maintenance, le robot/porteur 5 comprend un ou plusieurs outils 83, comme illustré sur la figure 5.

Le robot/porteur comprend par exemple un ou plusieurs des outils de la liste suivante :

- un outil d'inspection visuelle de la surface interne 69 de la tuyauterie ;

- un outil de caractérisation de la surface interne 69 par différents procédés (ultrasons, ...) notamment pour détecter des fissures ;
- un outil d'usinage de la surface interne 69.

Avantageusement, le robot/porteur 5 est prévu pour positionner l'outil 83 à au moins une position déterminée par rapport à la surface interne 69 de la tuyauterie 10, le robot/porteur 5 déterminant la position de l'outil 83 en utilisant la position et/ou l'orientation de référence comme référence.

Pour ce faire, le robot/porteur 5 comprend par exemple un dispositif 85 de maniement de l'outil et un module 87 de pilotage du dispositif de maniement 85.

Le dispositif de maniement 85 comporte par exemple un bras articulé au bout duquel est fixé l'outil 83.

Le module de pilotage 87 est configuré pour utiliser, pour piloter, le dispositif de maniement 85 des coordonnées de position prises par rapport à la position et/ou à l'orientation de référence.

Par exemple, la position déterminée de l'outil 83 est exprimée par une distance longitudinale par rapport à la position longitudinale de référence, et par une orientation angulaire par rapport à l'orientation angulaire de référence.

Typiquement, le robot/porteur 5 est prévu pour positionner l'outil 83 à une pluralité de positions déterminées successives par rapport à la surface interne 69 de la tuyauterie 10, le robot/porteur 5 étant configuré pour déterminer toutes ces positions déterminées en utilisant la position et/ou l'orientation de référence comme référence.

Il est à noter que le module de pilotage 87 pilote également le dispositif de propulsion 57, de manière à déplacer l'outil 83 longitudinalement.

Le fonctionnement de l'ensemble 1 va maintenant être décrit en référence aux figures 3, 4 et 6.

A partir d'une position initiale, le robot/porteur 5 progresse à l'intérieur de la tuyauterie 10. Le robot/porteur 5 s'arrête à une pluralité de positions successives le long de la tuyauterie.

Pour chaque position, la sonde 67 est déplacée par le dispositif 81 afin de réaliser un tour complet de la tuyauterie 10.

Au cours de ce déplacement, la sonde 67 réalise une succession de cycles d'émission et de réception d'une onde ultrasonore. Chaque cycle se termine par un déplacement de la sonde 67.

La détermination de la position du repère 15 est basée sur l'exploitation des propriétés acoustiques des milieux rencontrés par une onde émise 89 par la sonde 67.

Lorsqu'une onde acoustique rencontre une interface séparant deux milieux d'impédances acoustiques différentes, une partie de l'onde est transmise dans le deuxième milieu tandis qu'une autre partie se réfléchit sur l'interface.

L'énergie réfléchie par une interface est d'autant plus importante que les deux milieux en contact ont des impédances acoustiques différentes.

Dans le cas général de deux milieux d'impédances acoustiques différentes, l'onde incidente donnera lieu à une onde réfléchie et une onde transmise d'énergies non négligeables.

La figure 6 illustre l'évolution de l'énergie de l'onde réfléchie 93 relevée par la sonde 67 au cours du temps. L'instant t_1 correspond à l'instant où le milieu rencontré par l'onde émise 89 passe de l'air 91 au fluide 35. L'instant t_2 correspond à l'instant où le milieu rencontré par l'onde émise 89 passe du fluide 35 à l'air 91.

La figure 3 et les instants inférieurs à t_1 ou supérieurs à t_2 sur la figure 6 correspondent au cas où le milieu en contact avec la paroi extérieure de la tuyauterie 10 est de l'air 91.

Dans ce cas, l'impédance acoustique de la paroi de la tuyauterie 10 est très supérieure à l'impédance acoustique de l'air 91. L'onde émise 89 est presque complètement réfléchie par l'interface. La sonde 67 reçoit donc une onde réfléchie 93 sensiblement de même énergie que l'onde émise 89. Cette énergie est notée E_1 sur la figure 6.

La figure 4 et les instants compris entre t_1 et t_2 sur la figure 6 correspondent au cas où le milieu en contact avec la paroi extérieure de la tuyauterie 10 est le fluide 35, par exemple l'eau, contenu dans la cavité 30 du repère 15.

Dans ce cas, l'impédance acoustique de la paroi de la tuyauterie 10 ne peut pas être considérée comme très supérieure à l'impédance du fluide 35. L'onde émise 89 est partiellement réfléchie par l'interface et elle est partiellement transmise dans le fluide 35 au travers de l'onde transmise 95. La sonde 67 reçoit donc une onde partiellement réfléchie 93 d'énergie plus faible que l'onde émise 89. L'énergie de l'onde partiellement réfléchie 93 est notée E_2 sur la figure 6.

Le changement d'énergie de l'onde réfléchie 93 de E_1 à E_2 ou de E_2 à E_1 permet de repérer le changement de milieu extérieur entre l'air 91 et le fluide 35, et donc de repérer la position du repère 15.

Le repère 15 ayant été fixé à une position connue, le robot/porteur 5 est en mesure de déterminer son orientation et/ou sa position le long de l'axe de la tuyauterie 10.

L'invention concerne aussi une méthode de détermination de la position et/ou de l'orientation du robot/porteur 5 évoluant dans la tuyauterie 10.

Cette méthode comprend une étape de fixation du repère 15 sur la surface extérieure 22 de la tuyauterie 10 à une position prédéterminée. Le repère 15 est apte à être fixé en toute position angulaire autour de la tuyauterie 10.

5 La fixation du repère 15 au cours de l'étape de fixation du repère externe 15 se fait, par exemple, par l'intermédiaire d'une sangle 20 autour de la tuyauterie 10. En variante, le dispositif de fixation est tout autre type de dispositif de maintien adapté à la fixation du repère 15 sur l'extérieur de la tuyauterie 10.

La méthode comprend aussi une étape de localisation du repère 15 par le robot/porteur 5, le robot/porteur 5 étant à l'intérieur de la tuyauterie 10.

10 L'étape de localisation du repère 15 par le robot/porteur 5 comporte les sous-étapes suivantes :

- émission d'une onde ultrasonore au niveau d'une pluralité de points de la surface interne 69 de la tuyauterie 10;

- détection d'une onde réfléchie au niveau de chacun desdits points ;

15 - analyse des ondes réfléchies détectées.

Les sous-étapes d'émission et de détection sont simultanées.

Au cours de la sous-étape d'émission, le robot/porteur 5 progresse à l'intérieur de la tuyauterie 10. Le robot/porteur 5 s'arrête à une pluralité de positions longitudinales successives le long de la tuyauterie 10.

20 Pour chaque position longitudinale du robot/porteur 5 le long de l'axe de la tuyauterie 10, la sonde 67 est déplacée par le dispositif 81 afin de réaliser, par exemple, un tour complet de la tuyauterie 10.

Au cours de ce déplacement, la sonde 67 réalise, successivement à une pluralité de points répartis circonférentiellement autour de la tuyauterie, un cycle d'émission d'une
25 onde ultrasonore, l'organe 71 détectant l'onde réfléchie à chaque point.

La sous-étape d'analyse des ondes réfléchies détectées comprend les opérations suivantes :

- détermination d'une énergie de l'onde réfléchie au niveau de chacun desdits points ;

30 - comparaison de l'énergie des ondes réfléchies aux différents points.

La position prédéterminée est localisée, au cours de la comparaison de l'énergie des ondes réfléchies aux différents points, lorsque l'onde réfléchie à au moins un des points avec une énergie sensiblement inférieure aux énergies des ondes réfléchies aux autres points. Par exemple, l'onde réfléchie a une énergie inférieure d'au moins 20%,
35 typiquement d'au moins 50%, aux énergies des ondes réfléchies aux autres points.

Enfin, l'invention concerne une méthode de maintenance de la tuyauterie 10. Cette méthode de maintenance comporte une ou plusieurs campagnes, qui se déroulent toutes de la même façon.

5 Chaque campagne comporte une première étape d'introduction du robot/porteur 5 dans la tuyauterie 10.

Chaque campagne comporte, en outre, une étape de détermination d'une position et/ou d'une orientation de référence du robot/porteur 5. Cette étape est réalisée en suivant la méthode décrite précédemment.

10 Chaque campagne comporte de plus une étape de réalisation d'opérations de maintenance, par exemple des opérations de mesures, de contrôle, d'usinage ou de brossage de la tuyauterie 10. Au cours de cette étape, le robot/porteur 5 déplace un outil 83 à au moins une position par rapport à la surface interne 69 de la tuyauterie 10, le robot/porteur 5 déterminant la position de l'outil 83 en utilisant comme référence la position et/ou l'orientation de référence déterminées à l'étape précédente. Typiquement, 15 le robot/porteur 5 déplace l'outil 83 successivement à plusieurs positions, en utilisant comme référence la position et/ou de l'orientation de référence déterminées à l'étape précédente.

Par exemple, chaque position est repérée par une coordonnée longitudinale ayant comme origine la position longitudinale de référence du repère. Chaque position est 20 repérée par une coordonnée angulaire ayant comme origine la position angulaire de référence du repère.

Selon une variante avantageuse, la méthode de maintenance comporte plusieurs campagnes de mesures successives, séparées par exemple par un intervalle de temps qui peut être plusieurs mois ou plusieurs années.

25 Dans ce cas, au début de chaque campagne, le repère 15 est placé à un même point prédéterminé, identique pour toutes les campagnes. L'étape de réalisation d'opérations de maintenance comprend au moins une opération de caractérisation de la surface interne de la tuyauterie.

Le robot/porteur détecte la position du repère, et utilise à chaque campagne cette 30 position pour caler spatialement les mesures effectuées.

Il est ainsi possible de comparer, pour un même endroit de la tuyauterie, les mesures effectuées au cours de ces campagnes successives.

REVENDICATIONS

1.- Méthode de détermination de la position et/ou de l'orientation d'un robot ou d'un porteur d'un système mécanisé (5) évoluant dans une tuyauterie (10), la méthode
5 comportant une étape de détermination d'au moins l'un d'une position du robot/porteur (5) le long de la tuyauterie (10) ou d'une orientation du robot/porteur (5) autour d'un axe central de la tuyauterie (10),

caractérisée en ce qu'elle comprend :

- une étape de fixation d'un repère (15) sur la surface extérieure (22) de la
10 tuyauterie (10) à une position prédéterminée, le repère (15) étant apte à être fixé en toute position angulaire autour de la tuyauterie (10) ; et

- une étape de localisation du repère (15) par le robot/porteur (5), le robot/porteur (5) étant à l'intérieur de la tuyauterie (10)

15 2.- Méthode selon la revendication 1, dans laquelle l'étape de localisation du repère (15) par le robot/porteur (5) comporte les sous-étapes suivantes:

- émission d'une onde ultrasonore au niveau d'une pluralité de points de la surface interne (69) de la tuyauterie (10) ;

- détection d'une onde réfléchie au niveau de chacun desdits points ;

20 - localisation du repère (15) en analysant les ondes réfléchies enregistrées.

3.- Méthode selon la revendication 2, dans laquelle la sous-étape de localisation du repère (15) comprend les opérations suivantes :

25 - détermination d'une énergie de l'onde réfléchie au niveau de chacun desdits points ;

- comparaison de l'énergie des ondes réfléchies aux différents points.

4.- Méthode selon la revendication 3, dans laquelle la position prédéterminée est localisée, au cours de la comparaison de l'énergie des ondes réfléchies aux différents
30 points, lorsqu'à au moins un des points, l'onde réfléchie présente une énergie sensiblement inférieure aux énergies des ondes réfléchies aux autres points.

5.- Méthode de maintenance d'une tuyauterie, comportant au moins une campagne ayant les étapes suivantes:

35 - introduction d'un robot/porteur (5) dans la tuyauterie (10) ;

- détermination d'une position et/ou d'une orientation de référence du robot/porteur (5), par une méthode selon l'une des revendications 1 à 4, et ;

- réalisation d'une opération de maintenance de la tuyauterie (10), à l'aide du robot/porteur (5), par exemple une opération de mesure, de contrôle, d'usinage ou de
5 broissage.

6.- Méthode de maintenance d'une tuyauterie selon la revendication 5, dans laquelle à l'étape de réalisation de l'opération de maintenance de la tuyauterie (10), le robot/porteur (5) positionne un outil (83) à au moins une position par rapport à une
10 surface interne (69) de la tuyauterie (10), le robot/porteur (5) déterminant la position de l'outil (83) en utilisant la position et/ou l'orientation de référence comme référence.

7.- Méthode de maintenance d'une tuyauterie, selon la revendication 5 ou 6, dans laquelle la méthode comprend plusieurs campagnes successives, le repère (15) étant
15 placé à la même position prédéterminée pour toutes les campagnes, l'étape de réalisation d'opérations de maintenance comprenant au moins une opération de caractérisation de la surface interne (69) de la tuyauterie (10).

8.- Ensemble (1) de détermination de la position et/ou de l'orientation d'un robot/porteur (5) évoluant dans une tuyauterie (10), l'ensemble comportant :

- un repère (15), apte à être fixé en toute position angulaire autour de la tuyauterie (10),

- un dispositif de fixation (20) du repère (15) contre une surface extérieure (22) de la tuyauterie (10),

25 - un dispositif de localisation configuré pour localiser le repère (15) fixé à l'extérieur de la tuyauterie (10) pendant que ce robot/porteur (5) est à l'intérieur de la tuyauterie (10).

9.- Ensemble selon la revendication 8, dans lequel le repère (15) comprend un
30 corps rigide (25) délimitant intérieurement une cavité (30) remplie d'un fluide (35) d'impédance acoustique supérieure d'au moins 50% à celle de l'air mais inférieure à 150 % de l'impédance du matériau constituant la tuyauterie (10).

10.- Ensemble selon la revendication 9, dans lequel le corps rigide (25) du repère
35 (15) délimite une ouverture (40) placée à proximité immédiate de la surface extérieure (22) de la tuyauterie (10), le fluide (35) contenu dans la cavité (30) étant en contact avec

15

la surface extérieure (22) de la tuyauterie (10), le contact étant direct ou par l'intermédiaire d'une membrane souple (42).

5 11.- Ensemble selon la revendication 10, dans laquelle un joint étanche (45) recouvre les bords de l'ouverture (40) placée à proximité immédiate de la surface extérieure (22) de la tuyauterie (10).

10 12.- Ensemble selon l'une des revendications 9 à 11, dans lequel le corps rigide (25) du repère (15) présente une épaisseur choisie pour permettre une précision de détection de la position du robot/porteur (5) inférieure à 5mm.

13.- Ensemble selon l'une des revendications 8 à 12, dans lequel le dispositif de localisation comprend :

- 15 - une sonde (67) portée par le robot/porteur (5), configurée pour émettre des ondes ultrasonores au niveau d'une pluralité de points de la surface interne (69) de la tuyauterie (10) ;
- un organe de réception (71) d'une onde réfléchie au niveau de chacun desdits points ;
- un organe de localisation (73) configuré pour localiser le repère (15) en analysant
20 les ondes réfléchies reçues.

14.- Ensemble comprenant :

- un robot/porteur (5) ;
 - un ensemble de détermination de la position et/ou de l'orientation du
25 robot/porteur (5) selon l'une des revendications 8 à 13 ;
- dans lequel le robot/porteur (5) comprend un corps (55), un dispositif de propulsion (57) configuré pour propulser le robot/porteur (5) le long de la tuyauterie (10) et un dispositif de manutention (81) de la sonde (67) agencé pour déplacer la sonde (67) par rapport au corps (55) au moins radialement par rapport à un axe central de la tuyauterie (10) et
30 circonférentiellement autour dudit axe central.

1/4

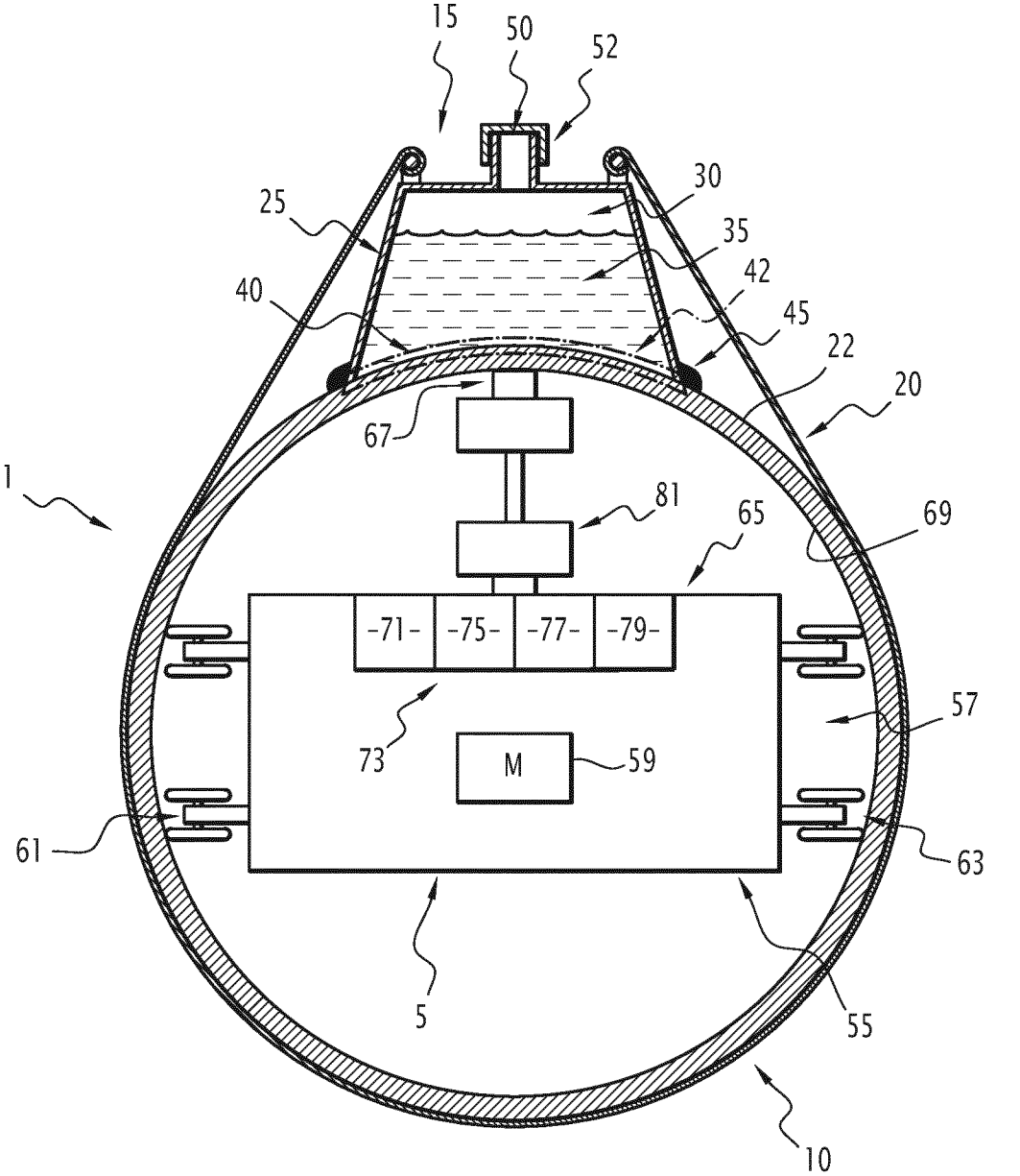
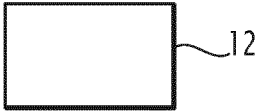


FIG.1



2/4

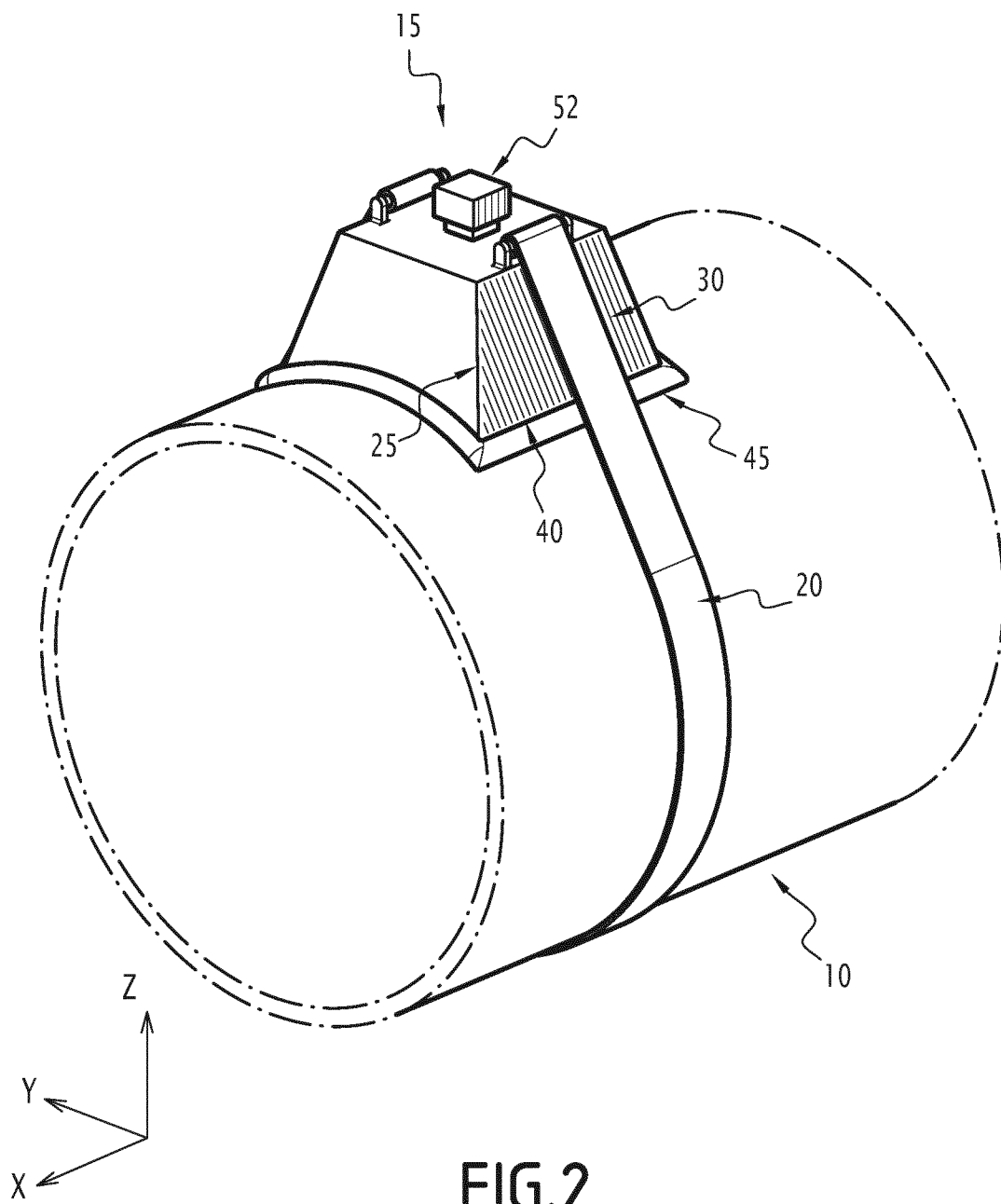


FIG.2

3/4

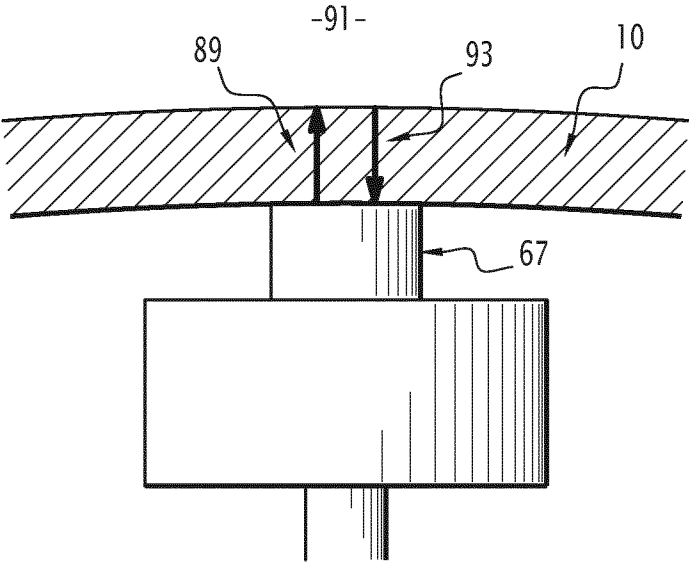


FIG.3

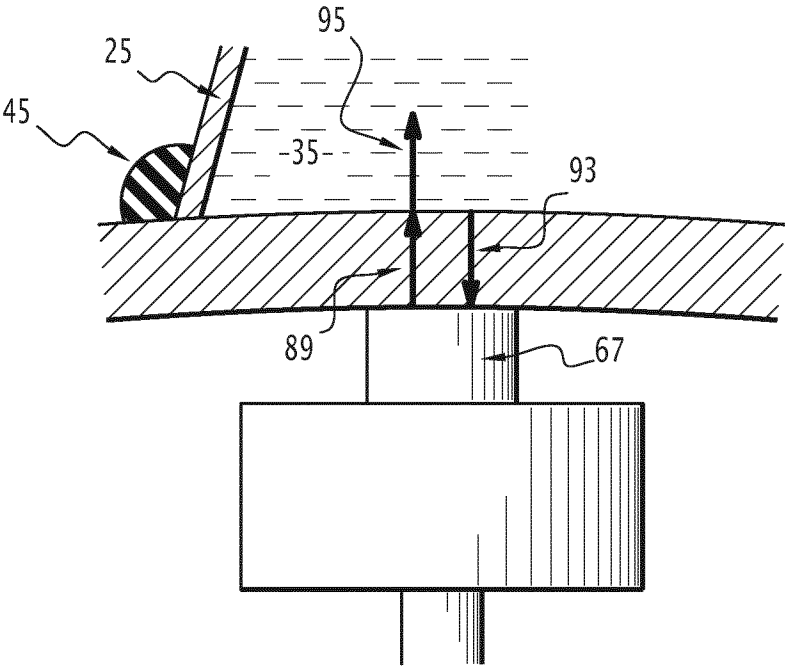


FIG.4

4/4

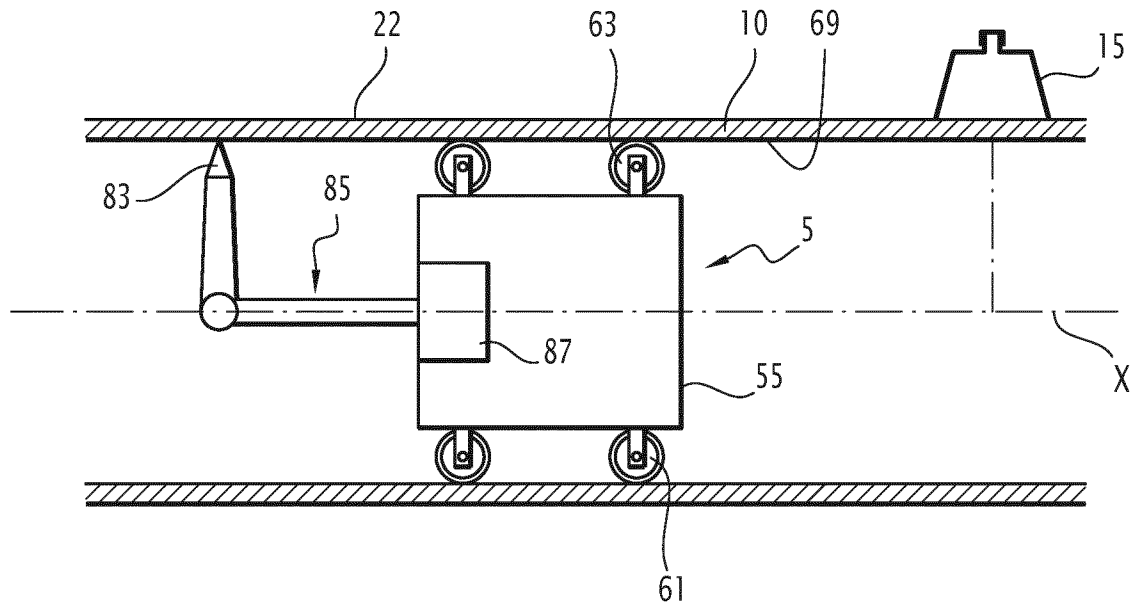


FIG. 5

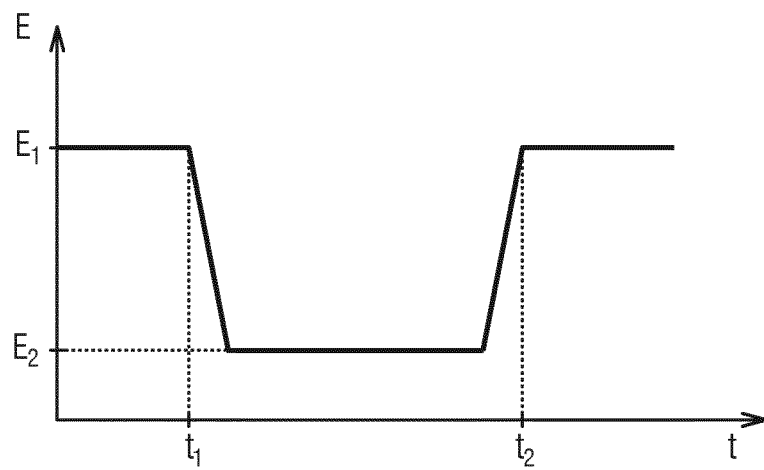


FIG. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/057734

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01M3/00 G05D1/02
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)
G01M B08B G21C F16L

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	DE 31 39 733 A1 (KRAFTWERK UNION AG [DE]) 21 April 1983 (1983-04-21)	1,5-8
Y	the whole document	14
X	XUBING CHEN ET AL: "Passive Ultrasonic RFID Localization for Pipeline Pigs", 16 December 2009 (2009-12-16), INTELLIGENT ROBOTICS AND APPLICATIONS, SPRINGER BERLIN HEIDELBERG, BERLIN, HEIDELBERG, PAGE(S) 279 - 287, XP019135898, ISBN: 978-3-642-10816-7 the whole document	1,8
Y	EP 2 360 414 A1 (TOSHIBA KK [JP]) 24 August 2011 (2011-08-24) the whole document	14
	----- -/--	



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

11 July 2017

Date of mailing of the international search report

17/07/2017

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

Alesandrini, Bruno

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/057734

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 103 38 952 A1 (JAEGER FRANK-MICHAEL [DE]) 24 March 2005 (2005-03-24) the whole document	1-14
A	----- WO 97/14903 A2 (SIEMENS AG [DE]; DIPPEL BRUNO [DE]; STROBEL REINHARDT [DE]) 24 April 1997 (1997-04-24) the whole document -----	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/057734

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3139733	A1	21-04-1983	NONE

EP 2360414	A1	24-08-2011	EP 2360414 A1 24-08-2011
		JP 2011185925 A	22-09-2011
		KR 20110094248 A	23-08-2011
		TW 201207864 A	16-02-2012
		US 2011198075 A1	18-08-2011

DE 10338952	A1	24-03-2005	NONE

WO 9714903	A2	24-04-1997	DE 59608391 D1 17-01-2002
		EP 0856118 A2	05-08-1998
		ES 2168522 T3	16-06-2002
		JP 4309471 B2	05-08-2009
		JP H11513778 A	24-11-1999
		WO 9714903 A2	24-04-1997

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2017/057734

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G01M3/00 G05D1/02
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)
G01M B08B G21C F16L

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	DE 31 39 733 A1 (KRAFTWERK UNION AG [DE]) 21 avril 1983 (1983-04-21)	1,5-8
Y	le document en entier	14
X	XUBING CHEN ET AL: "Passive Ultrasonic RFID Localization for Pipeline Pigs", 16 décembre 2009 (2009-12-16), INTELLIGENT ROBOTICS AND APPLICATIONS, SPRINGER BERLIN HEIDELBERG, BERLIN, HEIDELBERG, PAGE(S) 279 - 287, XP019135898, ISBN: 978-3-642-10816-7 le document en entier	1,8
Y	EP 2 360 414 A1 (TOSHIBA KK [JP]) 24 août 2011 (2011-08-24) le document en entier	14
	----- -/-	



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

11 juillet 2017

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

17/07/2017

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

Alesandrini, Bruno

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	DE 103 38 952 A1 (JAEGER FRANK-MICHAEL [DE]) 24 mars 2005 (2005-03-24) le document en entier -----	1-14
A	WO 97/14903 A2 (SIEMENS AG [DE]; DIPPEL BRUNO [DE]; STROBEL REINHARDT [DE]) 24 avril 1997 (1997-04-24) le document en entier -----	1-14

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2017/057734

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 3139733	A1	21-04-1983	AUCUN	
EP 2360414	A1	24-08-2011	EP 2360414 A1	24-08-2011
			JP 2011185925 A	22-09-2011
			KR 20110094248 A	23-08-2011
			TW 201207864 A	16-02-2012
			US 2011198075 A1	18-08-2011
DE 10338952	A1	24-03-2005	AUCUN	
WO 9714903	A2	24-04-1997	DE 59608391 D1	17-01-2002
			EP 0856118 A2	05-08-1998
			ES 2168522 T3	16-06-2002
			JP 4309471 B2	05-08-2009
			JP H11513778 A	24-11-1999
			WO 9714903 A2	24-04-1997