



(43) Date de la publication internationale
20 septembre 2012 (20.09.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/123673 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01F 1/66 (2006.01) *G01N 29/44* (2006.01)
G01N 29/024 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/050520

(22) Date de dépôt international :
13 mars 2012 (13.03.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1152052 14 mars 2011 (14.03.2011) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **INSTITUT POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE** [FR/FR];
46, Avenue Félix Viallet, F-38000 Grenoble (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **IOANA, Cornel** [FR/FR]; 3 allée du Vercors, F-38190 Brignoud (FR).

(74) Mandataire : **CABINET BEAUMONT**; 1, Rue Champollion, F-38000 Grenoble (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, 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.

(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, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avec revendications modifiées (art. 19.1))

(54) Title : SYSTEM FOR INSPECTION BY EMISSION-RECEPTION OF ACOUSTIC WAVES

(54) Titre : SYSTEME D'INSPECTION PAR EMISSION-RECEPTION D'ONDES ACOUSTIQUES

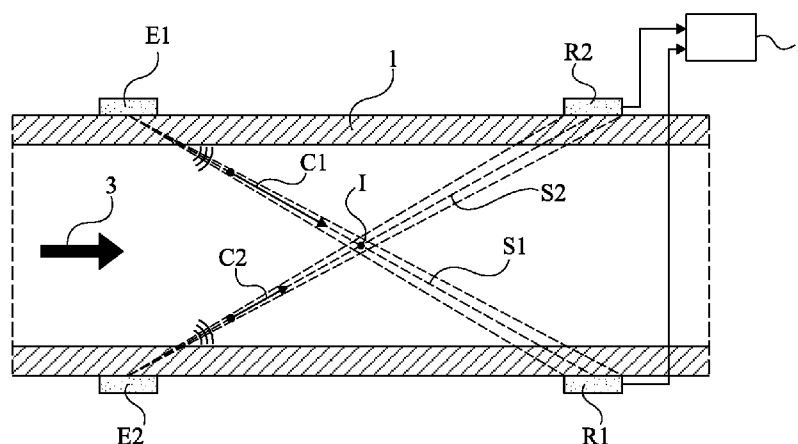


Fig 1

(57) Abstract : The invention relates to an inspection system comprising: a first emitter (E1) suitable for emitting an acoustic wave train in the direction of a first receiver (R1); a second emitter (E2) suitable for emitting an acoustic wave train in the direction of an intermediate point (I) of the straight segment (S1) going from the first emitter (E1) to the first receiver (R1); and processing means (5) linked to the first receiver (R1) and suitable for determining the start or end instants of the interference produced at said point (I), by the wave train originating from the second emitter (E2), on the wave train originating from the first emitter (E1).

(57) Abrégé : L'invention concerne un

[Suite sur la page suivante]



WO 2012/123673 A1



système d'inspection comprenant: un premier émetteur (E1) adapté à émettre un train d'onde acoustique en direction d'un premier récepteur (RI); un second émetteur (E2) adapté à émettre un train d'onde acoustique en direction d'un point intermédiaire (I) du segment de droite (SI) allant du premier émetteur (E1) au premier récepteur (RI); et des moyens (5) de traitement reliés au premier récepteur (RI), adaptés à déterminer les instants de début ou de fin des interférences produites audit point (I), par le train d'onde en provenance du second émetteur (E2), sur le train d'onde en provenance du premier émetteur (E1).

SYSTEME D'INSPECTION PAR EMISSION-RECEPTION D'ONDES ACOUSTIQUESDomaine de l'invention

La présente invention concerne un système d'inspection non intrusif par émission-réception d'ondes acoustiques. Le système proposé sera décrit plus particulièrement en relation
5 avec un exemple d'application à la surveillance de l'écoulement d'un fluide dans un tronçon d'une canalisation. D'autres applications pourront cependant être envisagées.

Exposé de l'art antérieur

On connaît des méthodes non intrusives de mesure du
10 débit d'écoulement d'un fluide dans une canalisation, à l'aide d'ondes ultrasonores. Par non intrusif, on entend qui ne nécessite pas la prévision de capteurs à l'intérieur de la canalisation.

Selon une première méthode, deux dispositifs
15 d'émission-réception sont positionnés sur la paroi extérieure de la canalisation, respectivement en un point amont et en un point aval de la canalisation, le point aval étant situé d'un côté de la canalisation opposé au point amont. Lors d'une première étape, le dispositif amont émet une onde en direction du
20 dispositif aval, et le temps mis par l'onde pour atteindre le dispositif aval est mesuré. Lors d'une seconde étape, le dispositif aval émet une onde en direction du dispositif amont,

et le temps mis par l'onde pour atteindre le dispositif amont est mesuré. La différence entre la vitesse de propagation (célérité) de l'onde dans le sens amont vers aval et la vitesse de propagation de l'onde dans le sens aval vers amont permet de
5 déterminer la vitesse moyenne d'écoulement du fluide entre le point amont et le point aval.

Dans une deuxième méthode, on mesure non plus le temps de parcours entre l'émetteur et le récepteur, mais le changement de fréquence de l'onde entre le point amont et le point aval. Ce
10 changement de fréquence est lié à l'effet Doppler qui se produit lorsque l'onde se réfléchit et/ou est réémise par des particules ou des bulles d'air en suspension dans le fluide et se déplaçant à la même vitesse que le fluide. On peut en déduire la vitesse moyenne d'écoulement du fluide dans le tronçon de canalisation
15 compris entre le point amont et le point aval.

Ces méthodes ne permettent de mesurer qu'un débit moyen et approximatif de l'écoulement du fluide entre deux points de la paroi de la canalisation. Il existe un besoin pour un système d'inspection non intrusif permettant une observation
20 plus précise des conditions d'écoulement du fluide. Il serait par exemple souhaitable de pouvoir détecter d'éventuelles variations localisées de débit (tourbillons, turbulences, etc.), de température, ou de densité du fluide à l'intérieur de la canalisation.

25 Résumé

Ainsi, un objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de prévoir un système d'inspection par émission-réception d'ondes acoustiques, palliant au moins en
partie certains des inconvénients des systèmes actuels.

30 Un objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de prévoir un système non intrusif permettant d'étudier les conditions d'écoulement d'un fluide dans une canalisation de façon plus précise que les systèmes actuels.

Un objet d'un mode de réalisation de la présente
35 invention est de prévoir un tel système permettant de mesurer

des différences de célérité d'ondes acoustiques à l'intérieur d'une canalisation.

Ainsi, un mode de réalisation de la présente invention prévoit un système d'inspection comprenant : un premier émetteur adapté à émettre un train d'onde acoustique en direction d'un premier récepteur ; un second émetteur adapté à émettre un train d'onde acoustique en direction d'un point intermédiaire du segment de droite allant du premier émetteur au premier récepteur ; et des moyens de traitement reliés au premier récepteur, adaptés à détecter un saut de phase du train d'onde en provenance du premier émetteur.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, les moyens de traitement sont en outre adaptés à mesurer l'intervalle de temps entre un instant de début ou de fin de réception par le premier récepteur du train d'onde en provenance du premier émetteur, et l'instant auquel est observé ledit saut de phase.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le saut de phase résulte d'interférences produites audit point, par le train d'onde en provenance du second émetteur, sur le train d'onde en provenance du premier récepteur.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, ce système comprend en outre un second récepteur disposé de façon que ledit point se situe sur le segment de droite allant du second émetteur au second récepteur, les moyens de traitement étant reliés au second récepteur et étant adaptés à détecter un saut de phase du train d'onde en provenance du second émetteur.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, en fonctionnement, les premier et second émetteurs émettent en même temps et à la même fréquence.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, cette fréquence est variable par paliers.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, en fonctionnement, les premier et second émetteurs émettent en phase et à la même amplitude.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, les premier et second émetteurs, et le premier récepteur sont adaptés à être placés sur les parois extérieures d'une canalisation, ledit point étant situé à l'intérieur de la
5 canalisation.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, les moyens de traitement comprennent un module de filtrage, un module d'extraction de phase, et un module de dérivation.

Un autre mode de réalisation de la présente invention
10 prévoit un procédé d'utilisation d'un système du type susmentionné, comprenant les étapes suivantes : a) émettre simultanément depuis les premier et second émetteurs, des premier et second trains d'ondes de même fréquence ; b) mesurer l'intervalle de temps entre un instant de début ou de fin de
15 réception par le premier récepteur du train d'onde en provenance du premier émetteur, et un instant auquel se produit un saut de phase du train d'onde en provenance du premier émetteur, ledit saut de phase résultant des interférences produites audit point, par le second train d'onde, sur le premier train d'onde ; et c)
20 en déduire la différence entre la célérité moyenne des ondes acoustiques entre le premier émetteur et ledit point, et la célérité moyenne des ondes acoustiques entre le second émetteur et ledit point.

Selon un mode de réalisation de la présente invention,
25 la mesure de différence de célérité est réitérée dans plusieurs plans et pour plusieurs points de chaque plan, de façon à déterminer un champ de célérité en trois dimensions du volume sous surveillance.

Brève description des dessins

30 Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1 est une vue en coupe, dans un plan
35 longitudinal, d'un tronçon d'une canalisation dans laquelle

circule un fluide, sur lequel est monté un système d'inspection non intrusif selon un mode de réalisation de la présente invention ;

les figures 2A à 2C sont des chronogrammes
5 représentant l'évolution des caractéristiques d'ondes acoustiques émises et reçues par des éléments du système d'inspection de la figure 1, illustrant un mode de fonctionnement de ce système ; et

les figures 3A à 3C sont des chronogrammes
10 représentant l'évolution des caractéristiques d'ondes acoustiques émises et reçues par des éléments du système d'inspection de la figure 1, illustrant un autre mode de fonctionnement de ce système.

Description détaillée

15 Par souci de clarté, de mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures et, de plus, les diverses figures ne sont pas tracées à l'échelle.

La demanderesse propose un système non intrusif capable de mesurer une différence de célérité d'une onde
20 acoustique entre deux points distincts de la paroi d'un tronçon de canalisation sous surveillance, et un point commun à l'intérieur de la canalisation. Ceci constitue une amélioration par rapport aux systèmes usuels qui ne sont susceptibles de mesurer des célérités qu'entre des points de la paroi de la
25 canalisation.

La figure 1 est une vue en coupe, dans un plan longitudinal, d'un tronçon 1 d'une canalisation transportant un fluide. La canalisation est représentée en position sensiblement horizontale, et une flèche 3 indique le sens général
30 d'écoulement du fluide. Sur le tronçon 1, est monté un exemple de réalisation d'un système d'inspection non intrusif par émission-réception d'ondes acoustiques. On notera que par ondes acoustiques on entend des ondes sonores ou ultrasonores, par exemple de fréquence comprise entre 100 Hz et 10 MHz.

Le système d'inspection proposé comprend un premier émetteur E1 et un premier récepteur R1, positionnés sur la paroi extérieure de la canalisation. Le récepteur R1 est situé d'un côté de la canalisation opposé à l'émetteur E1, c'est-à-dire que
5 le segment de droite S1 allant de l'émetteur E1 au récepteur R1 passe par l'intérieur de la canalisation. Dans cet exemple, l'émetteur E1 est situé en un point amont de la canalisation par rapport au récepteur R1. L'émetteur E1 est adapté à émettre une onde acoustique en direction du récepteur R1. L'émetteur E1 est
10 par exemple adapté à émettre une onde sensiblement unidirectionnelle, et est orienté en direction du récepteur R1.

Le système d'inspection comprend en outre un deuxième émetteur E2 et un deuxième récepteur R2, positionnés sur la paroi extérieure de la canalisation. Le récepteur R2 est
15 positionné d'un côté de la canalisation opposé à l'émetteur E2 et de façon que le segment de droite S2 allant de l'émetteur E2 au récepteur R2 intersecte le segment de droite S1 en un point I situé à l'intérieur de la canalisation. Dans cet exemple l'émetteur E2 est placé en amont, sensiblement au même niveau
20 que l'émetteur E1, et le récepteur R2 est placé en aval, sensiblement au même niveau que le récepteur R1. L'émetteur E2 est adapté à émettre une onde acoustique en direction du récepteur R2. L'émetteur E2 est par exemple adapté à émettre une onde sensiblement unidirectionnelle, et est orienté en direction
25 du récepteur R2.

On propose ici d'utiliser les phénomènes d'interférence susceptibles de se produire au point I lorsque les émetteurs E1 et E2 émettent simultanément, pour mesurer une éventuelle différence entre la célérité moyenne c1 des ondes
30 acoustiques entre l'émetteur E1 et le point I, et la célérité moyenne c2 des ondes acoustiques entre l'émetteur E2 et le point I. Ainsi, on prévoit d'émettre en même temps et à la même fréquence deux trains d'ondes, respectivement depuis l'émetteur E1 et depuis l'émetteur E2. Comme cela sera expliqué plus en
35 détail ci-après en relation avec les figures 2A à 2C, à partir

des signaux reçus par les récepteurs R1 et R2, on peut déterminer les instants de début et de fin des interférences que produisent l'un sur l'autre les trains d'ondes à l'intersection I de leurs trajectoires. On peut en déduire la différence entre le temps mis par l'onde en provenance de l'émetteur E1 pour atteindre le point I et le temps mis par l'onde en provenance de l'émetteur E2 pour atteindre le point I, et donc la différence entre la célérité moyenne c_1 et la célérité moyenne c_2 .

De la valeur de la différence entre c_1 et c_2 , on pourra déduire diverses informations telles qu'une variation localisée de la température du fluide, de la vitesse d'écoulement du fluide (tourbillons, turbulences, etc.), de la densité du fluide (présence d'un bloc de glace ou d'un corps étranger), etc. Les diverses possibilités d'exploitation des mesures de différences de célérité sont à la portée de l'homme de l'art et ne feront pas l'objet d'explications plus détaillées dans la présente description.

Les figures 2A à 2C sont des chronogrammes illustrant le principe de fonctionnement du système d'inspection de la figure 1. Ils représentent des ondes acoustiques émises par les émetteurs E1 et E2 et reçues par les récepteurs R1 et R2.

La figure 2A est une courbe de fréquence en fonction du temps, représentant des trains d'ondes émis simultanément par les émetteurs E1 et E2. Dans cet exemple, les émetteurs E1 et E2 émettent des trains d'ondes à une fréquence de 1000 kHz, entre un instant t_0 et un instant $t_0 + T_p$. La durée d'émission T_p est par exemple de l'ordre de 20 μ s. Les émetteurs E1 et E2 émettent de préférence en phase et à la même amplitude.

La figure 2B représente l'évolution de la dérivée dP_{R1} de la phase du train d'onde reçu par le récepteur R1 en provenance de l'émetteur E1. Pour extraire cette dérivée, il est prévu un module de traitement de signal 5 (figure 1), recevant les signaux fournis par le récepteur R1. Ce module pourra mettre en oeuvre une étape de filtrage du bruit, pour extraire de l'ensemble des signaux fournis par le récepteur R1, le train

d'onde en provenance directe de l'émetteur E1. On entend par provenance directe le train d'onde ayant parcouru le segment de droite S1 séparant l'émetteur E1 du récepteur R1, et non pas un train d'onde parasite ayant transité par des chemins indirects, par exemple par les parois de la canalisation. Une étape d'extraction de la phase du signal filtré pourra alors être prévue, suivie d'une étape de dérivation de la phase, produisant le signal dP_{R1} .

Le signal dP_{R1} est analysé entre un instant $t1$, auquel le train d'onde émis par l'émetteur E1 atteint le récepteur R1, et un instant $t1 + T_p$, de fin de réception du train d'onde. On notera que la différence $t1 - t0$ correspond au temps mis par l'onde pour parcourir le segment de droite S1, duquel le système peut déduire la célérité moyenne de l'onde entre E1 et R1.

A un instant t_{start} , postérieur à l'instant $t1$ mais proche de $t1$, on observe un pic 21b dans le signal dP_{R1} , correspondant à un saut de phase du train d'onde en provenance de l'émetteur E1. On prévoit de détecter ce pic qui correspond au commencement des interférences produites au point I, par le train d'onde en provenance de l'émetteur E2 sur le train d'onde en provenance de l'émetteur E1. La différence $\Delta t = t_{start} - t1$ correspond au retard avec lequel l'onde émise par l'émetteur E2 arrive au point I par rapport à l'onde émise par l'émetteur E1. On peut en déduire que la célérité moyenne $c1$ est supérieure à la célérité moyenne $c2$, et la valeur de la différence $c1 - c2$.

La figure 2C représente l'évolution de la dérivée dP_{R2} de la phase du train d'onde reçu par le récepteur R2 en provenance de l'émetteur E2. Pour extraire cette dérivée, on prévoit d'utiliser le module de traitement de signal 5 (figure 1), ce module recevant les signaux fournis par le récepteur R2.

Le signal dP_{R2} est analysé entre un instant $t2$, auquel le train d'onde émis par l'émetteur E2 atteint le récepteur R2, et un instant $t2 + T_p$, de fin de réception du train d'onde. On notera que la différence $t2 - t0$ correspond au temps mis par l'onde pour parcourir le segment de droite S2, duquel le système

peut déduire la célérité moyenne de l'onde entre l'émetteur E2 et le récepteur R2.

A un instant t_{end} , antérieur à l'instant $t_2 + T_p$ mais proche $t_2 + T_p$, on observe un pic 21c dans le signal dP_{R2} ,
5 correspondant à un saut de phase du train d'onde en provenance de l'émetteur E2. On prévoit de détecter ce pic qui correspond à la fin des interférences produites au point I, par le train d'onde en provenance de l'émetteur E1, sur le train d'onde en provenance de l'émetteur E2. La différence $\Delta t = t_2 + T_p - t_{\text{end}}$
10 correspond au retard avec lequel le train d'onde en provenance de l'émetteur E2 termine de franchir le point I par rapport au train d'onde en provenance de l'émetteur E1. On peut en déduire que la célérité moyenne c_1 est supérieure à la célérité moyenne c_2 , et la valeur de la différence $c_1 - c_2$.

15 La durée d'émission T_p pourra facilement être choisie, en fonction de la géométrie du système et de la nature du fluide contenu dans la canalisation, de façon qu'il n'y ait pas d'ambiguïté sur la question de savoir si les pics 21b et 21c correspondent à des instants de début ou de fin des
20 interférences, ou en d'autres termes, sur la question de savoir si la différence de célérité $c_1 - c_2$ est positive ou négative.

On remarquera que l'un et l'autre des récepteurs R1 et R2 permettent de mesurer l'avance ou le retard avec lequel le train d'onde en provenance de l'émetteur E2 atteint le point I
25 par rapport au train d'onde en provenance de l'émetteur E1. Le récepteur R2 est donc facultatif, et on pourra prévoir un système d'inspection minimaliste ne comportant que les émetteurs E1 et E2, et le récepteur R1.

La prévision du récepteur R2 présente toutefois
30 plusieurs avantages. En particulier, ce récepteur permet de confirmer la mesure faite à partir du récepteur R1. En outre, il permet de mesurer la célérité moyenne de l'onde sur le segment de droite S2.

Le système proposé présente l'avantage de permettre
35 des formes d'inspection plus poussées que les systèmes usuels.

En particulier, en faisant varier l'orientation et/ou la position des émetteurs et des récepteurs, on pourra faire varier la position du point I de façon à balayer le volume sous surveillance. On pourra ainsi par exemple reconstituer un profil
5 en trois dimensions des célérités des ondes acoustiques à l'intérieur de ce volume.

Les figures 3A à 3C sont des chronogrammes illustrant un autre mode de fonctionnement du système d'inspection de la figure 1.

10 La figure 3A est une courbe de fréquence en fonction du temps représentant des trains d'ondes émis simultanément par les émetteurs E1 et E2. Dans ce mode de fonctionnement, les émetteurs E1 et E2 émettent des trains d'ondes consécutifs dont la fréquence est incrémentée par paliers. Dans cet exemple,
15 chaque palier a une durée de l'ordre d'environ 20 μ s, et la différence de fréquence entre deux paliers successifs est d'environ 100 kHz.

La figure 3B représente l'évolution de la dérivée dP_{R1} de la phase du signal reçu par le récepteur R1, en provenance de l'émetteur E1. Le signal dP_{R1} comprend des pics 31b,
20 correspondant aux sauts de fréquence du signal en provenance de l'émetteur E1. Peu après chacun des pics 31b, le signal dP_{R1} comprend un pic 33b correspondant à un saut de phase du train d'onde en provenance de l'émetteur E1. Chaque pic 33b correspond
25 au commencement des interférences produites au point I, par le train d'onde en provenance de l'émetteur E2, sur le train d'onde en provenance de l'émetteur E1.

L'intervalle de temps Δt qui sépare un pic 31b (saut de fréquence) du pic 33b suivant (début des interférences)
30 correspond au retard avec lequel l'onde en provenance de l'émetteur E2 arrive au point I par rapport à l'onde en provenance de l'émetteur E1. On peut en déduire la différence entre les célérités moyennes $c1$ et $c2$.

La figure 3C représente l'évolution de la dérivée dP_{R2}
35 de la phase du signal reçu par le récepteur R2, en provenance de

l'émetteur E2. Le signal dP_{R2} comprend des pics 31c, correspondant aux sauts de fréquence du signal en provenance de l'émetteur E2. Après chacun des pics 31c, et peu avant le pic 31c suivant, le signal dP_{R2} comprend en outre un pic 33c, correspondant à un saut de phase du train d'onde en provenance de l'émetteur E2.

L'intervalle de temps Δt qui sépare un pic 33c (fin des interférences) du pic 31c suivant (saut de fréquence) correspond au retard avec lequel le train d'onde en provenance de l'émetteur E2 termine de franchir le point I par rapport au train d'onde en provenance de l'émetteur E1. On peut en déduire la différence entre les célérités moyennes c_1 et c_2 .

Un avantage de ce mode de fonctionnement est que la différence de célérité $c_1 - c_2$ peut être déduite des seuls signaux reçus par les récepteurs R1 et R2 (ou par l'un d'entre eux seulement). En effet, les pics 31b et 31c correspondant aux sauts de fréquence des trains d'ondes en provenance des émetteurs E1 et E2 fournissent des références temporelles au module 5 de traitement des signaux reçus par R1 et R2. Il n'est donc pas nécessaire de synchroniser ce module avec les émetteurs E1 et E2, si ce n'est pour estimer la célérité moyenne des ondes sur le trajet complet E1-R1 ou E2-R2.

Un autre avantage de ce mode de fonctionnement est qu'il présente une plus grande robustesse aux erreurs et aux perturbations parasites que le mode de fonctionnement décrit en relation avec la figure 1, car d'une part la mesure est répétée plusieurs fois, et d'autre part elle est effectuée pour plusieurs fréquences distinctes.

En outre, du fait de l'incrémentation par paliers du signal émis, on obtient un signal large bande avec de bonnes propriétés de corrélation, ce qui permet d'estimer avec précision la célérité moyenne des ondes sur les trajets E1-R1 et E2-R2.

Des modes de réalisation particuliers de la présente invention ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art.

En particulier, d'autres modes de fonctionnements
5 pourront être envisagés, dans lesquels d'autres formes d'ondes pourront être émises depuis les émetteurs E1 et E2.

De plus, l'invention ne se restreint à l'exemple de positionnement des émetteurs E1 et E2 et des récepteurs R1 et R2 représenté sur la figure 1. L'homme de l'art saura prévoir tout
10 autre positionnement adapté. De façon générale, le système d'inspection proposé comprend un premier émetteur E1 à distance d'un premier récepteur R1, et orienté en direction de ce récepteur (c'est-à-dire adapté à émettre en direction de récepteur), et un second émetteur E2 adapté à émettre une onde
15 selon une trajectoire coupant le segment de droite séparant E1 de R1. Le positionnement de E1, E2 et R1 pourra être quelconque, sous réserve que E2 ne se trouve pas dans l'axe (E1, R1). Si le système comprend un deuxième récepteur R2, ce dernier sera disposé de façon que le point I se situe sur le segment de
20 droite séparant E2 de R2.

Par ailleurs, l'homme de l'art saura mettre en oeuvre tous moyens adaptés, autres que ceux décrits ci-dessus, pour détecter les instants de début et de fin des interférences que produisent l'un sur l'autre, au point I, les signaux émis par E1
25 et E2, et en déduire le retard ou l'avance avec laquelle l'onde émise par E2 franchit le point I par rapport à l'onde émise par E1.

De plus, on a décrit ci-dessus des exemples de systèmes comprenant 3 ou 4 dispositifs d'émission et/ou de
30 réception disposés dans un même plan. L'homme de l'art saura prévoir de reproduire ce système dans plusieurs plans distincts, en multipliant le nombre d'émetteurs et de récepteurs, de façon à augmenter les possibilités d'inspection et de surveillance. On pourra aussi prévoir des émetteurs et/ou récepteurs orientables
35 et déplaçables à l'aide de moteurs contrôlables à distance.

En outre, le principe de fonctionnement du système d'inspection selon la présente invention a été décrit essentiellement en relation avec un exemple d'application à la surveillance d'une canalisation. D'autres applications pourront
5 être envisagées. On pourra notamment utiliser la présente invention pour l'étude de cours d'eaux tels que des fleuves, des rivières ou des courants marins, par exemple en utilisant des ondes basse fréquence. On pourra aussi utiliser un tel système pour l'inspection de volumes solides, par exemple pour détecter
10 des hétérogénéités ou des différences de températures dans des éléments de construction ou dans toute autre structure.

REVENDICATIONS

1. Système d'inspection comprenant :

un premier émetteur (E1) adapté à émettre un train d'onde acoustique en direction d'un premier récepteur (R1) ;

un second émetteur (E2) adapté à émettre un train
5 d'onde acoustique en direction d'un point intermédiaire (I) du segment de droite (S1) allant du premier émetteur (E1) au premier récepteur (R1) ; et

des moyens (5) de traitement reliés au premier récepteur (R1), adaptés à détecter un saut de phase (21b ; 33b)
10 du train d'onde en provenance du premier émetteur (E1).

2. Système selon la revendication 1, dans lequel lesdits moyens (5) de traitement sont en outre adaptés à mesurer l'intervalle de temps (Δt) entre un instant de début (t_1) ou de fin ($t_1 + T_p$) de réception par le premier récepteur (R1) du
15 train d'onde en provenance du premier émetteur (E1), et l'instant (t_{start} ; t_{end}) auquel est observé ledit saut de phase (21b ; 33b).

3. Système selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ledit saut de phase résulte d'interférences produites audit
20 point (I), par le train d'onde en provenance du second émetteur (E2), sur le train d'onde en provenance du premier récepteur (E1).

4. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant en outre un second récepteur (R2) disposé de
25 façon que ledit point (I) se situe sur le segment de droite (S2) allant du second émetteur (E2) au second récepteur (R2), dans lequel lesdits moyens (5) sont reliés au second récepteur (R2) et sont adaptés à détecter un saut de phase (21c ; 33c) du train d'onde en provenance du second émetteur (E2).

5. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel, en fonctionnement, les premier (E1) et second
30 (E2) émetteurs émettent en même temps et à la même fréquence.

6. Système selon la revendication 5, dans lequel ladite fréquence est variable par paliers.

7. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel, en fonctionnement, les premier (E1) et second (E2) émetteurs émettent en phase et à la même amplitude.

8. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel les premier (E1) et second (E2) émetteurs, et le premier récepteur (R1) sont adaptés à être placés sur les parois extérieures d'une canalisation, ledit point (I) étant situé à l'intérieur de la canalisation.

9. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel lesdits moyens (5) de traitement comprennent un module de filtrage, un module d'extraction de phase, et un module de dérivation.

10. Procédé d'utilisation d'un système selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, comprenant les étapes suivantes :

a) émettre simultanément depuis les premier (E1) et second (E2) émetteurs, des premier et second trains d'ondes de même fréquence ;

b) mesurer l'intervalle de temps (Δt) entre un instant de début (t_1) ou de fin ($t_1 + T_p$) de réception par le premier récepteur (R1) du train d'onde en provenance du premier émetteur (E1), et un instant (t_{start} ; t_{end}) auquel se produit un saut de phase (21b ; 33b) du train d'onde en provenance du premier émetteur (E1), ledit saut de phase résultant des interférences produites audit point (I), par le second train d'onde, sur le premier train d'onde ; et

c) en déduire la différence entre la célérité moyenne (c_1) des ondes acoustiques entre le premier émetteur (E1) et ledit point (I), et la célérité moyenne (c_2) des ondes acoustiques entre le second émetteur (E2) et ledit point (I).

11. Procédé d'utilisation selon la revendication 10, dans lequel la mesure de différence de célérité est réitérée dans plusieurs plans et pour plusieurs points (I) de chaque plan, de façon à déterminer un champ de célérité en trois dimensions du volume sous surveillance.

REVENDEICATIONS MODIFIÉES
reçues par le Bureau international le 13 Juillet 2012 (13.07.2012)

1. Procédé d'inspection au moyen d'un système comprenant :
- un premier émetteur (E1) adapté à émettre un train d'onde acoustique en direction d'un premier récepteur (R1) ;
- 5 un second émetteur (E2) adapté à émettre un train d'onde acoustique en direction d'un point intermédiaire (I) du segment de droite (S1) allant du premier émetteur (E1) au premier récepteur (R1) ; et
- des moyens (5) de traitement reliés au premier
- 10 récepteur (R1), adaptés à détecter un saut de phase (21b ; 33b) du train d'onde en provenance du premier émetteur (E1),
- ce procédé comprenant les étapes suivantes :
- a) émettre simultanément depuis les premier (E1) et second (E2) émetteurs, des premier et second trains d'ondes de
- 15 même fréquence ;
- b) mesurer l'intervalle de temps (Δt) entre un instant de début (t_1) ou de fin ($t_1 + T_p$) de réception par le premier récepteur (R1) du train d'onde en provenance du premier émetteur (E1), et un instant (t_{start} ; t_{end}) auquel se produit un saut de
- 20 phase (21b ; 33b) du train d'onde en provenance du premier émetteur (E1), ledit saut de phase résultant des interférences produites audit point (I), par le second train d'onde, sur le premier train d'onde ; et
- c) en déduire la différence entre la célérité moyenne
- 25 (c_1) des ondes acoustiques entre le premier émetteur (E1) et ledit point (I), et la célérité moyenne (c_2) des ondes acoustiques entre le second émetteur (E2) et ledit point (I).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel ladite fréquence varie par paliers.
- 30 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les premier (E1) et second (E2) émetteurs émettent en phase et à la même amplitude.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la mesure de différence de célérité est

réitérée dans plusieurs plans et pour plusieurs points (I) de chaque plan, de façon à déterminer un champ de célérité en trois dimensions du volume sous surveillance.

5. Système d'inspection comprenant :

5 un premier émetteur (E1) adapté à émettre un train d'onde acoustique en direction d'un premier récepteur (R1) ;

un second émetteur (E2) adapté à émettre un train d'onde acoustique en direction d'un point intermédiaire (I) du segment de droite (S1) allant du premier émetteur (E1) au premier récepteur (R1) ; et

10 des moyens (5) de traitement reliés au premier récepteur (R1), adaptés à détecter un saut de phase (21b ; 33b) du train d'onde en provenance du premier émetteur (E1),

ce système étant configuré pour mettre en oeuvre un
15 procédé d'inspection selon l'une quelconque des revendications 1 à 4.

6. Système selon la revendication 5, comprenant en outre un second récepteur (R2) disposé de façon que ledit point (I) se situe sur le segment de droite (S2) allant du second émetteur (E2) au second récepteur (R2), dans lequel lesdits
20 moyens (5) sont reliés au second récepteur (R2) et sont adaptés à détecter un saut de phase (21c ; 33c) du train d'onde en provenance du second émetteur (E2).

7. Système selon la revendication 5 ou 6, dans lequel
25 les premier (E1) et second (E2) émetteurs, et le premier récepteur (R1) sont adaptés à être placés sur les parois extérieures d'une canalisation, ledit point (I) étant situé à l'intérieur de la canalisation.

8. Système selon l'une quelconque des revendications 5
30 à 7, dans lequel lesdits moyens (5) de traitement comprennent un module de filtrage, un module d'extraction de phase, et un module de dérivation.

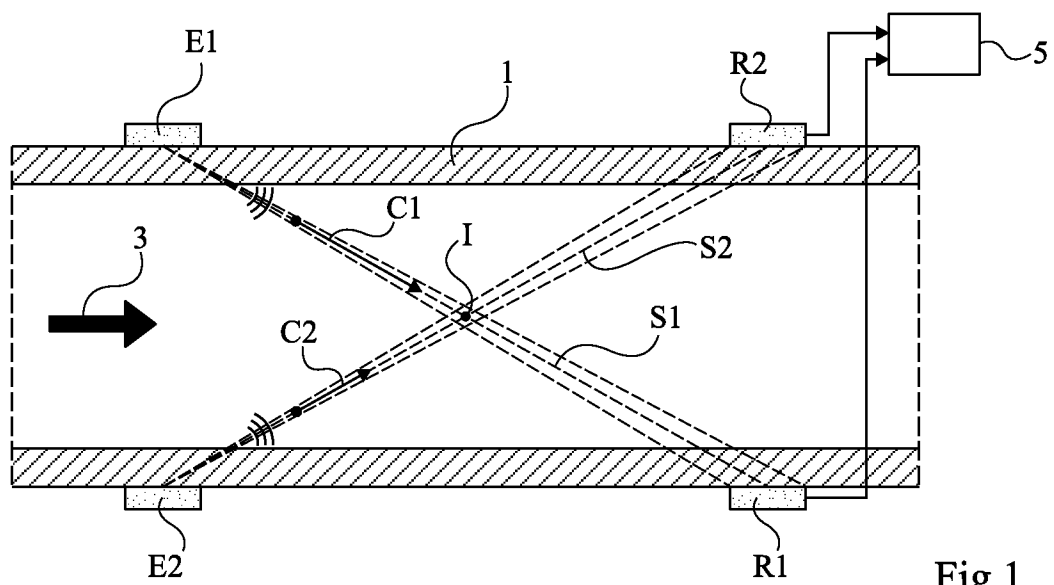


Fig 1

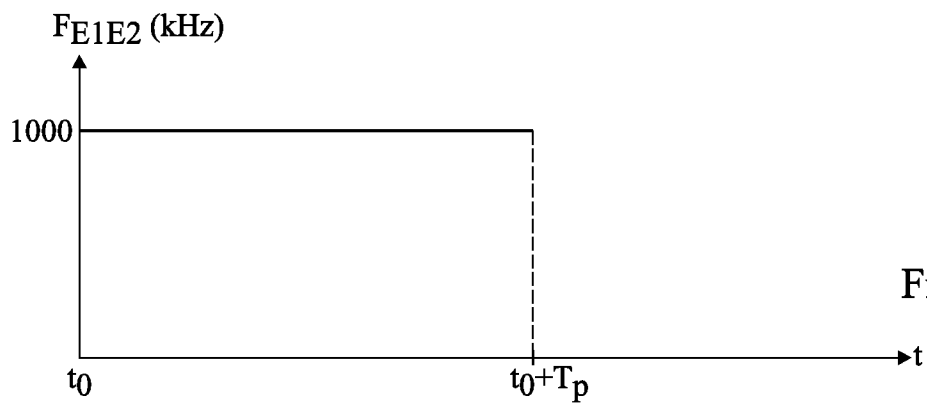


Fig 2A

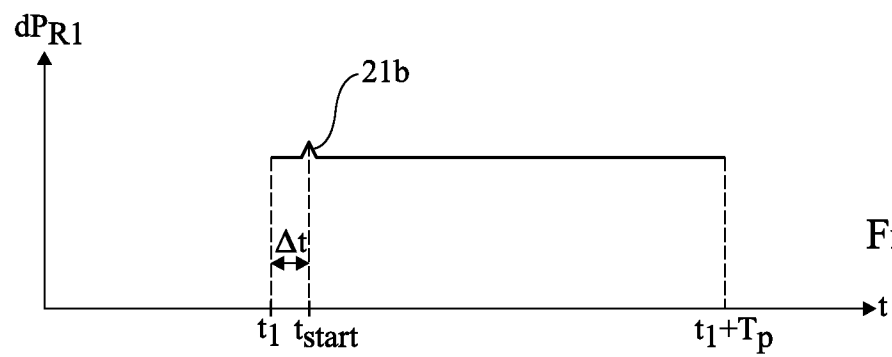


Fig 2B

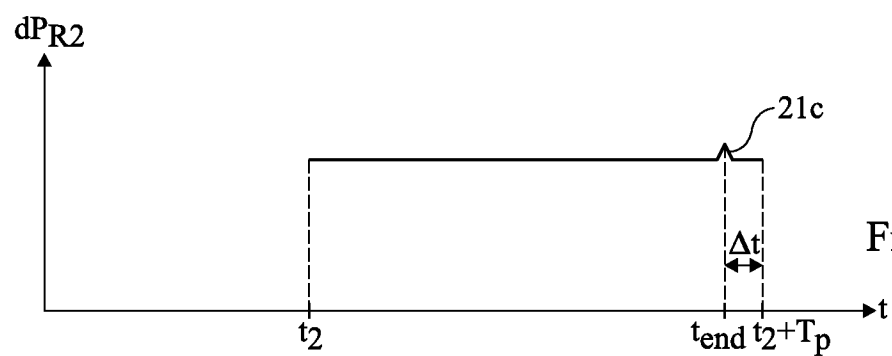


Fig 2C

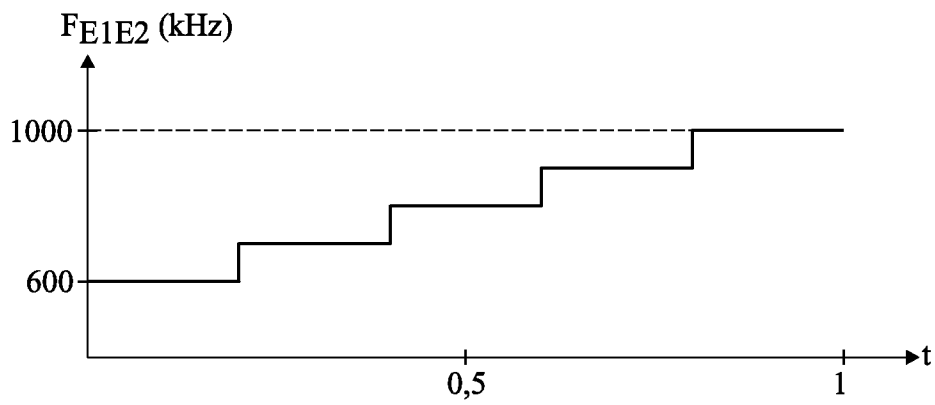


Fig 3A

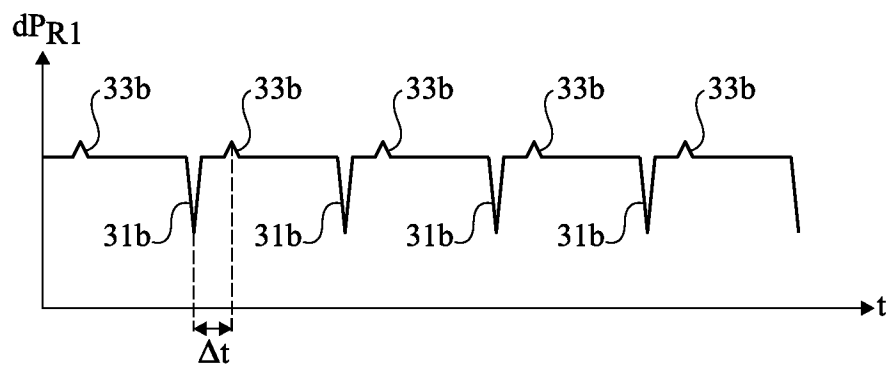


Fig 3B

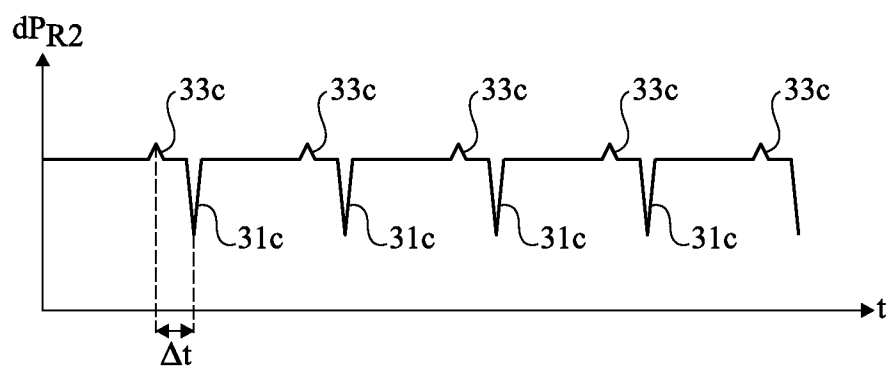


Fig 3C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2012/050520

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01F1/66 G01N29/024 G01N29/44
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 G01N

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, COMPENDEX, INSPEC, IBM-TDB, 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	US 2006/052963 A1 (SHKARLET YURI [US]) 9 March 2006 (2006-03-09) paragraph [0016] - paragraph [0107]; claim 1; figures 4,10,12 -----	1-11
X	DE 34 11 778 A1 (BOPP & REUTHER GMBH [DE]) 3 October 1985 (1985-10-03) page 14, line 10 - page 17, line 27; figures 1,2 -----	1-11
X	US 4 011 753 A (HAUSLER EBERHARD) 15 March 1977 (1977-03-15) column 6, line 4 - column 7, line 50; figure 2 ----- -/--	1-11



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

9 May 2012

Date of mailing of the international search report

23/05/2012

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

Gilow, Christoph

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2012/050520

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2008/035297 A2 (UNIV DO MINHO [PT]; HENRIQUES MINAS GRACA MARIA [PT]; LANCEROS MENDEZ) 27 March 2008 (2008-03-27) page 9, line 20 - page 10, line 17; figure 5	1-11
X	----- DE 30 36 376 A1 (GAUTING GMBH APPARATEBAU [DE]) 22 April 1982 (1982-04-22) page 8, line 16 - page 14, line 17; figures 1,2 -----	1,3-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2012/050520

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006052963 A1	09-03-2006	JP 4879179 B2	22-02-2012
		JP 2008512652 A	24-04-2008
		US 2006052963 A1	09-03-2006
		WO 2006028984 A2	16-03-2006
DE 3411778 A1	03-10-1985	DE 3411778 A1	03-10-1985
		EP 0162237 A1	27-11-1985
US 4011753 A	15-03-1977	DE 2431346 A1	12-02-1976
		US 4011753 A	15-03-1977
WO 2008035297 A2	27-03-2008	AT 475867 T	15-08-2010
		EP 2074388 A2	01-07-2009
		PT 103565 A	31-03-2008
		WO 2008035297 A2	27-03-2008
DE 3036376 A1	22-04-1982	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/050520

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01F1/66 G01N29/024 G01N29/44 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 G01N		
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, COMPENDEX, INSPEC, IBM-TDB, 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	US 2006/052963 A1 (SHKARLET YURI [US]) 9 mars 2006 (2006-03-09) alinéa [0016] - alinéa [0107]; revendication 1; figures 4,10,12 -----	1-11
X	DE 34 11 778 A1 (BOPP & REUTHER GMBH [DE]) 3 octobre 1985 (1985-10-03) page 14, ligne 10 - page 17, ligne 27; figures 1,2 -----	1-11
X	US 4 011 753 A (HAUSLER EBERHARD) 15 mars 1977 (1977-03-15) colonne 6, ligne 4 - colonne 7, ligne 50; figure 2 ----- -/--	1-11
☒ 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 9 mai 2012		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 23/05/2012
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 Gilow, Christoph

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/050520

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	WO 2008/035297 A2 (UNIV DO MINHO [PT]; HENRIQUES MINAS GRACA MARIA [PT]; LANCEROS MENDEZ) 27 mars 2008 (2008-03-27) page 9, ligne 20 - page 10, ligne 17; figure 5	1-11
X	DE 30 36 376 A1 (GAUTING GMBH APPARATEBAU [DE]) 22 avril 1982 (1982-04-22) page 8, ligne 16 - page 14, ligne 17; figures 1,2	1,3-9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2012/050520

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2006052963 A1	09-03-2006	JP 4879179 B2 JP 2008512652 A US 2006052963 A1 WO 2006028984 A2	22-02-2012 24-04-2008 09-03-2006 16-03-2006
DE 3411778 A1	03-10-1985	DE 3411778 A1 EP 0162237 A1	03-10-1985 27-11-1985
US 4011753 A	15-03-1977	DE 2431346 A1 US 4011753 A	12-02-1976 15-03-1977
WO 2008035297 A2	27-03-2008	AT 475867 T EP 2074388 A2 PT 103565 A WO 2008035297 A2	15-08-2010 01-07-2009 31-03-2008 27-03-2008
DE 3036376 A1	22-04-1982	AUCUN	