

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication :

2 962 154

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

10 55443

⑤① Int Cl⁸ : E 21 B 47/00 (2006.01), E 21 B 47/12, 49/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 05.07.10.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 06.01.12 Bulletin 12/01.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : MARTIN JEAN-PIERRE — FR.

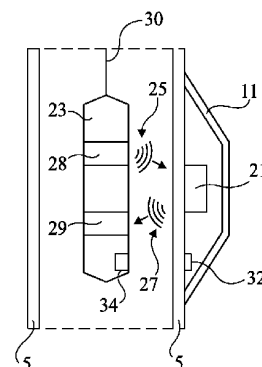
⑦② Inventeur(s) : FEDELE JEAN-MICHEL et MARTIN
JEAN-PIERRE.

⑦③ Titulaire(s) : MARTIN JEAN-PIERRE.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

⑤④ MESURE DE DONNEES SUR LES PAROIS EXTERIEURES D'UN TUBAGE DE FORAGE.

⑤⑦ L'invention concerne un système de mesure de données comprenant un capteur (21) lié à une paroi extérieure d'un tubage (5) d'un forage, ce capteur comprenant un premier élément piézoélectrique pour convertir l'énergie mécanique d'une première onde acoustique (25) en énergie électrique d'alimentation du capteur, et un second élément piézoélectrique pour convertir un signal électrique de données du capteur en une deuxième onde acoustique (27); et un dispositif (23) d'émission/réception d'ondes acoustiques adapté à être positionné dans la canalisation, en regard du capteur, pour émettre la première onde (25) et recevoir la deuxième onde (27).



FR 2 962 154 - A1



**MESURE DE DONNÉES SUR LES PAROIS EXTÉRIEURES D'UN TUBAGE DE
FORAGE**

Domaine de l'invention

La présente invention concerne un système de mesure de données comprenant un ou plusieurs capteurs disposés sur la paroi extérieure d'un tubage métallique de forage.

5 Exposé de l'art antérieur

La figure 1 est une vue en coupe représentant de façon très schématique une portion d'un puits 1, foré dans une zone de terre et/ou de roche 3 en vue d'accéder à une nappe souterraine non représentée, par exemple une nappe d'eau ou d'hydrocarbures.

10 Un tubage 5 est prévu à l'intérieur du puits pour éviter que d'éventuelles détériorations des parois du trou ne viennent endommager le puits, par exemple en le bouchant partiellement ou totalement. Le tubage 5 est en fait une canalisation relativement épaisse, par exemple en acier, que l'on insère dans le

15 puits en même temps que l'on fore ou immédiatement après le forage. A titre d'exemple, pour certains forages pétroliers, on utilise un tubage à section circulaire de 15 à 20 centimètres de diamètre interne et d'une épaisseur supérieure à 1 cm. Le tubage 5 est destiné à rester dans le puits pendant toute la durée

20 d'utilisation de ce dernier, c'est-à-dire généralement pendant plusieurs années. Dans certains cas, on prévoit d'injecter un

B10387

2

fluide 7, par exemple du ciment, entre la paroi extérieure du tubage et la paroi intérieure du puits.

Tout au long de la période d'exploitation du puits, on souhaite pouvoir disposer d'informations sur l'environnement extérieur du tubage 5. On souhaite par exemple pouvoir connaître la température à l'extérieur du tubage, la pression et/ou la composition des fluides qui entourent le tubage, etc. De telles informations permettent notamment d'optimiser et de sécuriser l'exploitation de la nappe.

10 Divers capteurs peuvent être placés sur la paroi extérieure du tubage 5. Sur la figure 1, on a représenté un capteur 9 fixé à la paroi extérieure du tubage et protégé par un boîtier 11, par exemple un boîtier en acier. Le boîtier 11 permet notamment d'éviter que le capteur 9 ne soit endommagé par des
15 chocs contre les parois du puits, lors de la mise en place du tubage. Le boîtier 11 n'est pas étanche. Il est au contraire spécifiquement adapté à ce que les fluides susceptibles d'entourer le tubage soient en contact direct avec le capteur 9.

Pour l'alimentation du capteur 9, et pour la transmission des données mesurées par ce capteur, un câble de connexion
20 13 est disposé le long de la paroi extérieure du tubage, reliant le capteur à la surface. La distance entre le capteur 9 et la surface pouvant atteindre plusieurs milliers de mètres, le câble de connexion 13 est particulièrement coûteux, et son installation est particulièrement délicate. Ce coût et cette difficulté
25 d'installation sont d'autant plus élevés que le nombre de capteurs prévus en périphérie du tubage est élevé. Par ailleurs, le câble 13 risque d'être endommagé si le tubage vient à frotter contre les parois du puits, par exemple au moment de la mise en
30 place du tubage dans le puits. La réparation du câble 13 ne peut passer que par l'extraction et le remplacement du tubage, ce qui, en pratique, est inenvisageable en raison du coût prohibitif d'une telle opération.

Résumé

Ainsi, un objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de proposer un système de mesure de données comprenant un capteur placé sur la paroi extérieure du tubage d'un forage, ce système palliant au moins en partie les
5 inconvénients des solutions existantes.

Un objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de proposer un tel système ne nécessitant pas la prévision d'un câble pour relier le capteur à la surface.

10 Ainsi, un mode de réalisation de la présente invention prévoit un système de mesure de données comprenant un capteur lié à une paroi extérieure d'un tubage d'un forage, ce capteur comprenant un premier élément piézoélectrique pour convertir l'énergie mécanique d'une première onde acoustique en énergie
15 électrique d'alimentation du capteur, et un second élément piézoélectrique pour convertir un signal électrique de données du capteur en une deuxième onde acoustique ; et un dispositif d'émission/réception d'ondes acoustiques adapté à être positionné dans la canalisation, en regard du capteur, pour émettre
20 la première onde et recevoir la deuxième onde.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, la canalisation est un tubage d'un puits d'hydrocarbures.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le capteur est placé dans un boîtier de protection.

25 Selon un mode de réalisation de la présente invention, les premier et second éléments piézoélectriques sont confondus.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, les premier et second éléments piézoélectriques confondus forment une couronne entourant la canalisation.

30 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le capteur comprend un condensateur adapté à être chargé par le premier élément piézoélectrique.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le système de mesure comprend en outre un moyen de positionnement du dispositif d'émission/réception, ce moyen de positionne-
35

B10387

4

ment comprenant un aimant fixé au voisinage du capteur et un magnétomètre solidaire du dispositif d'émission/réception.

Un mode de réalisation de la présente invention prévoit un capteur de données comprenant un premier élément
5 piézoélectrique pour convertir l'énergie mécanique d'une onde acoustique en énergie électrique d'alimentation du capteur, et un second élément piézoélectrique pour convertir un signal électrique de données du capteur en une onde acoustique, ce capteur étant adapté à être utilisé dans un système de mesure tel que
10 ci-dessus.

Un mode de réalisation de la présente invention prévoit un procédé d'utilisation d'un système de mesure tel que ci-dessus, comprenant les étapes consistant à descendre le dispositif d'émission/réception dans le tubage en regard du
15 capteur ; émettre la première onde via ledit dispositif ; et recevoir la deuxième onde via ledit dispositif.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, la deuxième onde est émise à une fréquence distincte de la fréquence de la première onde.

20 Selon un mode de réalisation de la présente invention, la première onde est émise à une fréquence de résonance du tubage.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé comprend une étape préliminaire de recherche de la
25 fréquence de résonance du tubage.

Brève description des dessins

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
30 en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1, précédemment décrite, est une vue en coupe représentant de façon schématique un système de mesure de données comprenant un capteur placé sur la paroi extérieure d'un tubage, ce capteur étant relié à la surface par un câble disposé
35 le long de la paroi extérieure du tubage ;

la figure 2 est une vue en coupe représentant de façon schématique un système de mesure de données comprenant un capteur disposé sur la paroi extérieure d'un tubage ;

la figure 3 est un schéma électrique représentant un mode de réalisation du système de mesure de la figure 2 ;

la figure 4 est une vue en coupe représentant de façon schématique un mode de réalisation d'un capteur adapté au système de mesure décrit en relation avec les figures 2 et 3 ; et

la figure 5 est une vue en coupe représentant de façon schématique une variante de réalisation du capteur de la figure 4.

Description détaillée

Par souci de clarté, de mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures et, de plus, les diverses figures ne sont pas tracées à l'échelle. On notera en particulier que, dans les figures 1, 2, 4 et 5, représentant des capteurs placés sur la paroi extérieure d'un tubage, les dimensions des capteurs ont été largement exagérées par rapport aux dimensions du tubage.

Pour éviter la prévision d'un câble de communication de données entre le capteur et la surface, on aurait pu penser à un système de communication sans fil par ondes électromagnétiques. Toutefois, le fait que le tubage et le boîtier de protection du capteur sont généralement en acier rend impossible ce type de communication. Par suite, et en raison des distances importantes susceptibles de séparer le capteur de la surface, un tel système de communication n'est pas adapté. Par ailleurs, ceci ne résoudrait pas le problème de l'alimentation du capteur.

La figure 2 est une vue en coupe représentant de façon schématique un exemple d'un système de mesure de données comprenant un capteur 21 disposé sur la paroi extérieure d'un tubage 5. Le capteur 21 est protégé par un boîtier 11 du type décrit en relation avec la figure 1. A la différence des systèmes décrits en relation avec la figure 1, aucun câble d'alimentation et/ou de communication ne relie le capteur 21 à la surface.

Selon un aspect d'un mode de réalisation de la présente invention, le capteur 21 comprend un élément piézoélectrique pour convertir l'énergie mécanique d'une onde acoustique (sonore ou ultrasonore) en énergie électrique d'alimentation du capteur, et un élément piézoélectrique (éventuellement le même) pour convertir un signal électrique de données du capteur en une onde acoustique.

Pour réaliser une mesure à l'aide du capteur 21, on vient descendre à l'intérieur du tubage, en regard du capteur, une sonde 23 comprenant un dispositif d'émission/réception d'ondes acoustiques. Une onde 25, adaptée à exciter l'élément piézoélectrique d'alimentation du capteur, est émise par la sonde 23. L'énergie électrique résultant de cette excitation permet au capteur 21 d'effectuer une mesure souhaitée, puis d'émettre en retour une onde acoustique modulée 27 comprenant le résultat de la mesure effectuée. La sonde 23 est adaptée à recevoir le signal acoustique de données 27, et à enregistrer le résultat de la mesure dans une mémoire interne ou à transmettre directement ce résultat à des équipements de surface, via un câble de communication reliant la sonde à la surface.

Dans l'exemple représenté, la sonde 23 a la forme d'une portion de cylindre vertical comprenant un émetteur 28 dans sa partie supérieure, et un récepteur 29 dans sa partie inférieure. L'émission et la réception d'ondes acoustiques par la sonde 23 sont par exemple réalisées à l'aide d'un ou plusieurs éléments piézoélectriques. On notera que l'émetteur 28 et le récepteur 29 pourront être confondus.

Il existe un outil, largement répandu dans le domaine des forages pétroliers, constitué d'une sonde acoustique liée à un câble 30, adaptée à être descendue dans le tubage, par exemple à l'aide d'un treuil, pour analyser la qualité de l'anneau de ciment qui entoure certains tubages. Lors de sa descente dans le tubage, la sonde émet des ondes acoustiques, et détecte les vibrations résultantes du tubage. L'amplitude de ces

vibrations permet de localiser d'éventuelles zones insuffisamment cimentées autour du tubage.

Selon un mode de réalisation préféré de la présente invention, on utilise ce type d'outil de sondage existant pour
5 alimenter le capteur 21 placé sur la paroi extérieure du tubage 5, et pour communiquer avec ce capteur. Les données mesurées par le capteur 21 pourront être transmises vers la surface par un câble électrique 30.

Pour optimiser le positionnement relatif de la sonde
10 par rapport au capteur lors de chaque mesure, on pourra prévoir d'associer à chaque capteur un moyen de positionnement. Ce moyen de positionnement comprend par exemple un aimant 32 fixé au tubage au voisinage du capteur et un magnétomètre 34 solidaire de la sonde.

La figure 3 est un schéma électrique simplifié d'un
15 exemple de réalisation d'un système de mesure de données du type décrit en relation avec la figure 2. Dans ce schéma, l'émetteur et le récepteur de la sonde acoustique sont représentés par un unique élément piézoélectrique 23 disposé en regard du capteur
20 21. Le capteur 21 comprend un élément piézoélectrique 41 adapté à être excité par une onde 25 émise par la sonde 23. Un condensateur 43 est relié aux bornes de l'élément piézoélectrique 41 par l'intermédiaire d'un dispositif de redressement de tension 45, par exemple un pont de diodes. Les bornes d'alimentation
25 d'un dispositif de mesure de données 47 (constituant le capteur proprement dit) sont reliées aux bornes du condensateur 43 par l'intermédiaire d'un interrupteur commandable 49. Dans cet exemple, l'interrupteur 49 est normalement ouvert, et sa fermeture est commandée par un dispositif 51 de mesure du niveau de
30 charge du condensateur 43. Le dispositif de mesure de données 47 comprend en outre des bornes de sortie connectées aux électrodes de l'élément piézoélectrique 41.

Lors d'une première phase d'utilisation du système, la sonde 23, positionnée en regard du capteur, émet une onde 25 qui
35 provoque l'excitation de l'élément piézoélectrique 41,

B10387

8

conduisant à la charge du condensateur 43. La vitesse de charge du condensateur 43 dépend notamment de l'amplitude et de la fréquence de l'onde 25.

5 Lorsque le niveau de charge du condensateur 43 atteint un certain seuil, l'interrupteur 49 est fermé par l'intermédiaire du dispositif 51. Le dispositif de mesure de données 47 se trouve donc alimenté et apte à effectuer une mesure.

10 Lorsque la mesure est terminée, le dispositif 47 transmet, via des bornes de sortie 52 et 53, un signal électrique de données. Ce signal est converti par l'élément piézo-électrique 41 en une onde acoustique 27 à destination de la sonde 23.

15 Dans cet exemple, le capteur comprend un seul élément piézoélectrique 41 adapté à la fois à recevoir l'onde d'alimentation 25, et à émettre l'onde de données 27. On notera que des éléments piézoélectriques distincts pourront être utilisés pour mettre en oeuvre ces deux fonctions.

20 Par ailleurs, pour éviter des interférences entre l'onde d'alimentation 25 et l'onde de données 27, on pourra interrompre l'émission de l'onde 25 avant que l'onde 27 ne soit émise par le capteur.

25 On pourra aussi prévoir que l'onde d'alimentation 25 soit émise en permanence, mais que l'onde de données 27 soit un signal acoustique modulé à une fréquence distincte de celle de l'onde 25.

30 Selon un mode d'utilisation préféré du système proposé, l'onde 25 est émise à une fréquence proche de la fréquence de résonance du tubage au niveau du capteur. Ceci permet de maximiser la quantité d'énergie mécanique transmise à l'élément piézoélectrique 41 du capteur. On pourra prévoir de déterminer cette fréquence de résonance en amenant la sonde à balayer une plage de fréquence et en mesurant le maximum de l'onde réfléchie par le tubage.

35 La figure 4 est une vue en coupe représentant de façon schématique un mode de réalisation d'un capteur du type décrit

B10387

9

en relation avec les figures 2 et 3. L'élément piézoélectrique 41 a la forme d'une surface carrée ou rectangulaire et est fixé par collage ou par tout autre moyen sur une portion de la paroi extérieure du tubage 5. Des électrodes, non représentées, sont
5 disposées de part et d'autre de l'élément piézoélectrique.

La figure 5 est une vue en coupe représentant de façon schématique une variante de réalisation préférée du capteur de la figure 4, dans laquelle l'élément piézoélectrique 41 forme une couronne autour du tubage 5. Cette disposition de l'élément
10 piézoélectrique permet de maximiser la quantité d'énergie mécanique transformée en énergie électrique d'alimentation du capteur.

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

En particulier, l'invention ne se restreint ni au schéma de capteur décrit en relation avec la figure 3, ni aux dispositions mécaniques de capteur décrites en relation avec les figures 2, 4 et 5. L'homme de l'art saura mettre en oeuvre le
20 fonctionnement recherché en utilisant d'autres configurations de capteur et/ou de sonde. On pourra notamment utiliser tout moyen de stockage d'énergie électrique adapté pour remplacer le condensateur 43 de la figure 3.

Par ailleurs, on a mentionné ci-dessus l'utilisation
25 d'éléments piézoélectriques pour convertir l'énergie mécanique d'ondes acoustiques en énergie électrique et réciproquement. Tout autre moyen adapté à convertir l'énergie mécanique d'une onde acoustique en énergie électrique et/ou réciproquement pourra être utilisé.

30 De plus, le système de mesure de données proposé pourra être adapté à d'autres types d'installations que des forages, et notamment à tout type d'installation comprenant des canalisations dont les parois extérieures sont difficiles d'accès.

REVENDICATIONS

1. Système de mesure de données comprenant :
un capteur (21) lié à une paroi extérieure d'un tubage (5) d'un forage, ce capteur comprenant un premier élément piézoélectrique (41) pour convertir l'énergie mécanique d'une première onde acoustique (25) en énergie électrique d'alimentation du capteur, et un second élément piézoélectrique (41) pour convertir un signal électrique de données du capteur en une deuxième onde acoustique (27) ; et
un dispositif (23) d'émission/réception d'ondes acoustiques adapté à être positionné dans la canalisation, en regard du capteur, pour émettre la première onde (25) et recevoir la deuxième onde (27).
2. Système de mesure selon la revendication 1, dans lequel la canalisation est un tubage d'un puits d'hydrocarbures.
3. Système de mesure selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le capteur est placé dans un boîtier de protection (11).
4. Système de mesure selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les premier et second éléments piézoélectriques sont confondus.
5. Système de mesure selon la revendication 4, dans lequel les premier et second éléments piézoélectriques confondus (41) forment une couronne entourant la canalisation.
6. Système de mesure selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le capteur comprend un condensateur (43) adapté à être chargé par le premier élément piézoélectrique (41).
7. Système de mesure selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant en outre un moyen de positionnement du dispositif d'émission/réception (23), ce moyen de positionnement comprenant un aimant fixé au voisinage du capteur et un magnétomètre solidaire du dispositif d'émission/réception.
8. Capteur de données comprenant un premier élément piézoélectrique (41) pour convertir l'énergie mécanique d'une

B10387

11

onde acoustique (25) en énergie électrique d'alimentation du capteur, et un second élément piézoélectrique (41) pour convertir un signal électrique de données du capteur en une onde acoustique (27), ce capteur étant adapté à être utilisé dans un système de mesure selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

9. Procédé d'utilisation d'un système de mesure selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant les étapes suivantes :

10 descendre le dispositif d'émission/réception (23) dans le tubage (5) en regard du capteur (21) ;
émettre la première onde (25) via ledit dispositif ;
et
recevoir la deuxième onde (27) via ledit dispositif.

15 10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel la deuxième onde (27) est émise à une fréquence distincte de la fréquence de la première onde (25).

11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, dans lequel la première onde (25) est émise à une fréquence de résonance du tubage.

20 12. Procédé selon la revendication 11, comprenant une étape préliminaire de recherche de la fréquence de résonance du tubage.

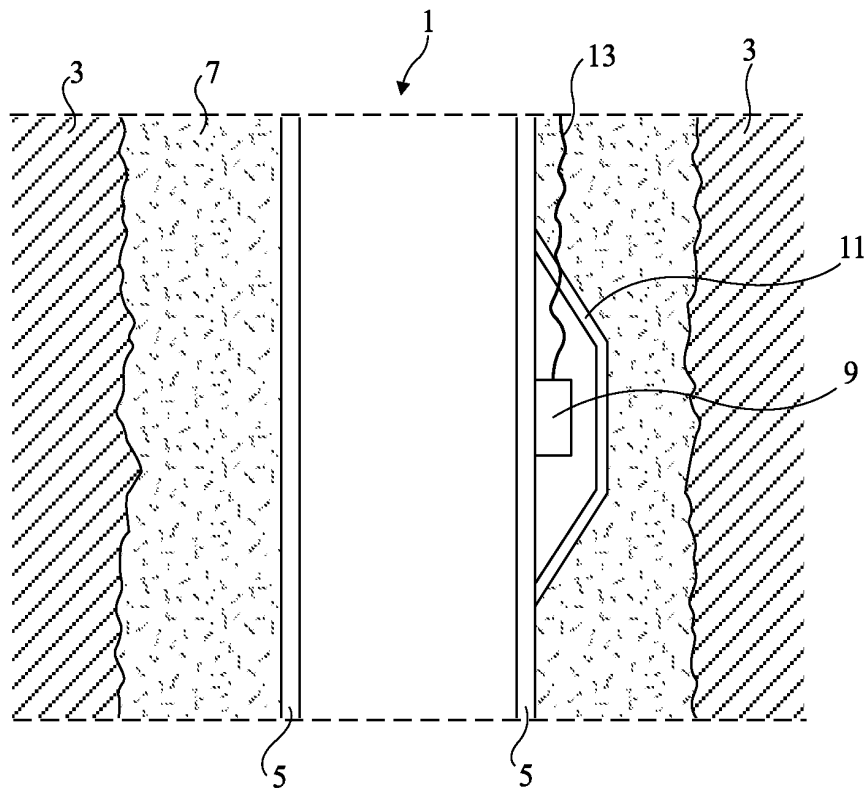


Fig 1

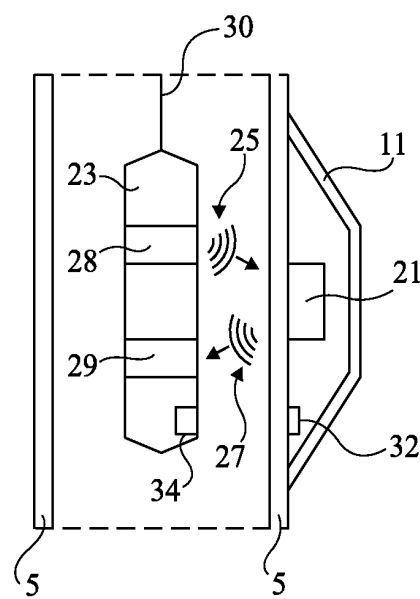


Fig 2

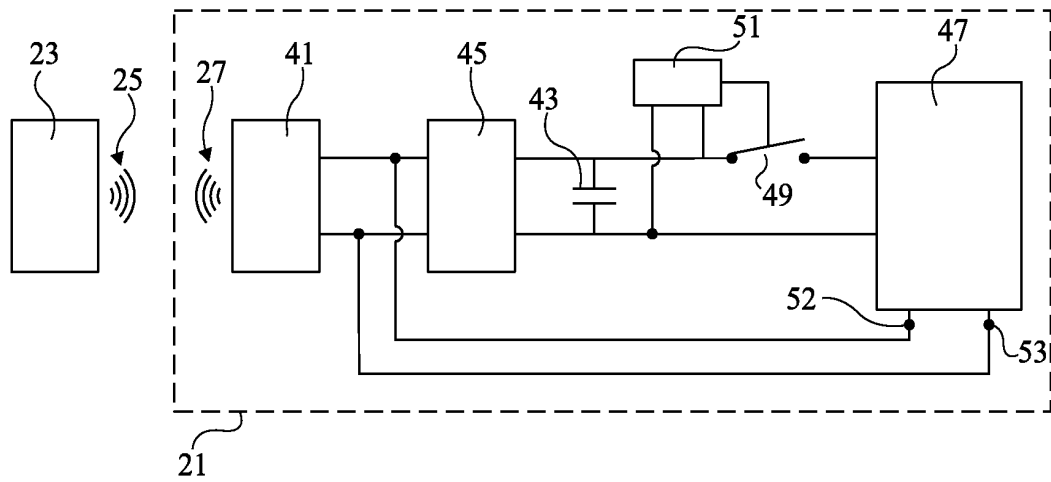


Fig 3

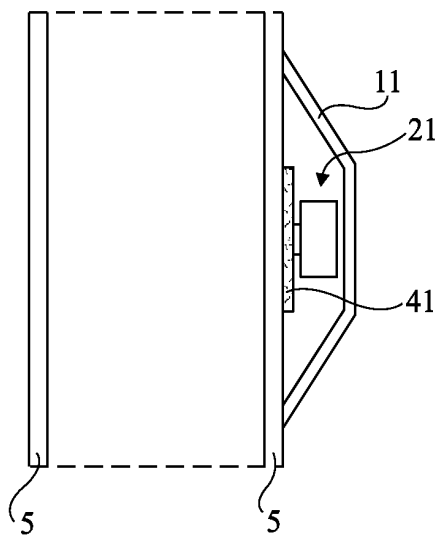


Fig 4

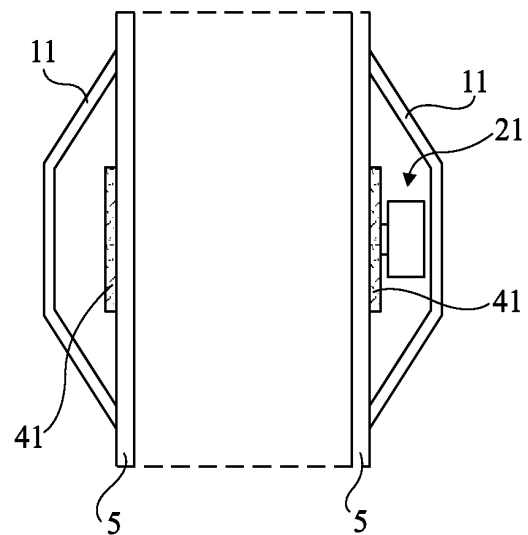


Fig 5



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 738187
FR 1055443

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2008/106972 A1 (LIANG KENNETH KIN-NAM [US] ET AL) 8 mai 2008 (2008-05-08) * alinéas [0008], [0009], [0020], [0021], [0023], [0024], [0026]; figures 2, 4 *	1-4,6-10	E21B47/00 E21B49/00
X	US 2006/005965 A1 (CHOUZENOUX CHRISTIAN [FR] ET AL) 12 janvier 2006 (2006-01-12) * alinéas [0005], [0006], [0007], [0008], [0009], [0065], [0066], [0068]; figure 2 *	1-4,8,9	
A	WO 03/096073 A1 (HALLIBURTON ENERGY SERV INC [US]) 20 novembre 2003 (2003-11-20) * page 25, ligne 5-7; figure 27 *	1-12	
A	US 5 839 508 A (TUBEL PAULO [US] ET AL) 24 novembre 1998 (1998-11-24) * figure 11 *	1-12	
A	US 2004/211272 A1 (ARONSTAM PETER S [US] ET AL) 28 octobre 2004 (2004-10-28) * phrases 6-8, alinéa 32; figure 8 *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) E21B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 février 2011		Georgescu, Mihnea	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1055443 FA 738187**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **09-02-2011**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2008106972 A1	08-05-2008	GB 2456704 A WO 2008058076 A1	29-07-2009 15-05-2008
-----	-----	-----	-----
US 2006005965 A1	12-01-2006	CA 2572999 A1 WO 2006005555 A1 GB 2430961 A RU 2374440 C2	19-01-2006 19-01-2006 11-04-2007 27-11-2009
-----	-----	-----	-----
WO 03096073 A1	20-11-2003	AU 2003237197 A1 US 2004257241 A1	11-11-2003 23-12-2004
-----	-----	-----	-----
US 5839508 A	24-11-1998	AUCUN	
-----	-----	-----	-----
US 2004211272 A1	28-10-2004	CA 2523463 A1 GB 2418810 A US 2004212510 A1 WO 2004094959 A2	04-11-2004 05-04-2006 28-10-2004 04-11-2004
-----	-----	-----	-----