

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 12069

(54) Appareil de détection d'impulsions de pression comportant une caractéristique de réduction du bruit.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). **B 21 B 47/12; G 01 L 11/00; G 01 P 5/16 // G 05 D 16/00.**

(22) Date de dépôt..... 30 mai 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 49 du 4-12-1981.

(71) Déposant : DRESSER INDUSTRIES, INC., résidant aux EUA.

(72) Invention de : Jackson Reynolds Claycomb.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Regimbeau, Corre, Martin et Schrimpf,
26, av. Kléber, 75116 Paris.

Pour forer un puits de pétrole, on utilise habituellement un train de tiges de forage à l'extrémité inférieure duquel est fixé un trépan. Le train de tiges est raccordé à un circuit de circulation de boue qui utilise typiquement de la boue de forage qui est pompée par une pompe à plusieurs cylindres. La pompe est raccordée par une canalisation à boue au sommet du train de tiges et la boue est envoyée sous pression au sommet du train de tiges de façon à s'écouler dans le train de tiges jusqu'au trépan. La pompe fonctionne typiquement à des pressions élevées et il n'est pas rare que la pression à l'orifice de refoulement de la pompe, soit de l'ordre de 140 à 210 bars. Les pompes habituellement utilisées sont des pompes à plusieurs cylindres. Pendant le fonctionnement de la pompe, il se produit des à-coup de pression de l'ordre de 14 à 21 bars qui sont provoqués par les courses motrices des pistons individuels à l'intérieur de la pompe. Ces à-coup de pression sont très importants, en particulier à la surface où l'amortissement des à-coup de pression dans le circuit d'amenée de la boue est minimal.

On connaît déjà des appareils de mesure fonctionnant pendant le forage. Un tel équipement fonctionne typiquement en formant des étranglements réglables dans le train de tiges. Ces étranglements produisent des impulsions de pression qui sont retransmises à la surface par l'intermédiaire de la colonne de boue contenue dans le train de tiges. A titre d'exemple, on notera qu'un étranglement peut être formé par l'appareil de mesure fonctionnant pendant le forage pour produire un signal qui est ensuite transmis par l'intermédiaire de 3000 m de boue qui forment une colonne dans la tige de forage. Bien que l'on puisse considérer que la boue est un fluide in-

compressible, le signal reçu à la surface depuis l'équipement situé au fond du trou de sonde est néanmoins relativement faible. Ce signal est relativement faible et il est inférieur aux à-coup de pression de la pompe qui se produisent à la surface. Les impulsions ou variations de pression qui se produisent à la surface sont importantes; elles peuvent être de dix à cent fois supérieures aux données variables transmises par l'appareil de mesure fonctionnant pendant le forage.

Au cours du fonctionnement de l'appareil de mesure fonctionnant pendant le forage, les impulsions de pression se propagent dans la boue à une vitesse égale à la vitesse de propagation acoustique, ou vitesse sonique, dans le milieu. Selon la composition de la boue de forage, cette vitesse est de l'ordre de 1200 à 1500 m/s. En outre, chaque impulsion de pression est accompagnée d'un changement de vitesse de fluide qui est défini par la relation quantifiant l'effet de coup de bélier. La relation changement de pression - changement de vitesse est par conséquent, donnée par l'équation suivante :

$$(1) \quad P = RCV$$

dans laquelle P = la grandeur de l'impulsion de pression,
R = la masse volumique du fluide,
c = la vitesse sonique dans le fluide, et
V = le changement de vitesse du fluide.

Comme il résulte de l'équation ci-dessus, les impulsions de pression produites par l'appareil de mesure fonctionnant pendant le forage sont fonction des changements de vitesse du fluide, conformément à cette équation.

Une pompe à boue typique produit un à-coup de pression pendant chaque course motrice des pistons individuels qu'elle comporte. Ceci représente un à-

coup de pression de sens positif. Cet à-coup de pression accroît la vitesse d'écoulement de la boue dans le train de tiges. Inversement, les impulsions de l'appareil de mesure fonctionnant pendant le forage
5 disposé au fond du trou de sonde diminuent la vitesse d'écoulement de la boue du fait de leur propagation dans le sens opposé. Si l'on prend en considération la direction de propagation dans le circuit, on obtient, par conséquent, une relation intéressante.
10 Pour un à-coup de pression donné produit par la pompe et se déplaçant vers l'aval dans le même sens que le courant de boue, il se produit un accroissement de pression positif et un accroissement correspondant de la vitesse d'écoulement. Inversement, dans le
15 cas où l'impulsion de pression provient de l'équipement situé au fond du trou de sonde et se déplace vers l'amont, en sens inverse du courant de boue, une impulsion produite par l'appareil de mesure fonctionnant pendant le forage et se propageant vers l'amont en
20 sens inverse du courant de boue est accompagnée d'une diminution de la vitesse de la boue s'écoulant dans le train de tiges.

Intuitivement, ceci est un accord avec l'observation que l'appareil de mesure fonctionnant pendant le forage, qui étrangle momentanément le courant de boue pour engendrer une impulsion de pression, freine également la vitesse d'écoulement de la boue.
25

Ceci est un phénomène linéaire et, de ce fait, les impulsions qui se propagent dans les deux sens s'additionnent algébriquement. Les variations de pression et de vitesse sont ainsi cumulatives.
30

Si l'on garde à l'esprit les données de base ci-dessus exposées, on constate que le dispositif de la présente invention est capable de détecter des
35 mesures relatives au fonctionnement au fond du trou

de sonde qui sont protégées du bruit. L'appareil de la présente invention comporte, par conséquent, un tube de Pitot dont l'extrémité est orientée vers l'aval dans la boue de forage et qui est, par conséquent, protégé contre les à-coup de pression produits par la pompe à boue. En outre, on peut accorder ou ajuster l'appareil en modifiant la surface de la section transversale du trajet d'écoulement de la boue, ce résultat étant obtenu en positionnant une membrane tubulaire en caoutchouc ou autre matière flexible dans le trajet d'écoulement de la boue. Il est formé un circuit hydraulique fermé autour de l'extérieur de la membrane. Lorsque la pression régnant dans le circuit hydraulique s'accroît, la membrane s'allonge, étranglant de ce fait le passage axial.

D'autres caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre et à l'examen du dessin annexé dans lequel :

la figure unique représente l'appareil de détection d'impulsions de pression de la présente invention monté dans une canalisation à boue qui est représentée vue en coupe, cet appareil comportant un appareil de sortie servant à convertir les variations de la pression en des signaux ayant une forme appropriée.

On se référera tout d'abord à la figure unique du dessin sur laquelle l'appareil de la présente invention, que l'on appellera ci-après un appareil de détection d'impulsions de pression, a été désigné par la référence générale 10. L'appareil de détection 10 est monté dans la canalisation à boue, de préférence en un point quelconque situé entre la pompe à boue, à la surface, et la tige carrée fixée à l'extrémité supérieure du train de tiges. L'emplacement particulier choisi n'a pas une importance

critique. L'appareil est très avantageusement monté au-dessus de la tige carrée, par exemple à l'extrémité supérieure du tuyau à boue au voisinage du coude de la tête d'injection. Quoi qu'il en soit, l'appareil

5 comporte un tuyau 12 répondant aux normes de l'Institut Américain du Pétrole pour faciliter son raccordement. Un autre tuyau 14 répondant également aux normes de l'Institut Américain du Pétrole est disposé du côté opposé à celui où est situé le tuyau 12. Ces

10 deux tuyaux sont assemblés au moyen d'un raccord 16 qui comporte des filetages classiques ou répondant aux normes de l'Institut Américain du Pétrole, des joints d'étanchéité et autres organes du même genre. Il va sans dire que les agencements de détail et

15 les filetages peuvent être modifiés. Le raccord 16 contient l'équipement de la présente invention. Plus particulièrement, l'équipement est symétrique à ses extrémités supérieure et inférieure et ces extrémités emprisonnent ou enferment conjointement une membrane

20 18. La membrane est concentrique à son axe et elle est également symétrique, comme on peut le voir sur la figure. La membrane est un organe creux, de forme tubulaire, et elle est pincée entre une nervure 20 du tuyau 12 et une nervure similaire 22 formée sur le re-

25 bord 16. Les nervures 20 et 22 serrent entre elles une partie d'extrémité de la membrane. On observera que la membrane comporte un long corps creux tubulaire et qu'une collerette circulaire saillante est disposée à chacune de ses extrémités. Ces collerettes permet-

30 tent de serrer la membrane de sorte qu'elle est fermement maintenue à chaque extrémité. Les parties centrales de la membrane peuvent librement fléchir et se détendre.

Le raccord 16 sert principalement de rac-

35 cord de tuyau à ses extrémités mais sa partie centrale

comporte une partie d'une chambre tubulaire. Un raccord de branchement 24 est vissé dans une ouverture taraudée 26 pour introduire de l'huile sous pression dans une chambre 28. La chambre 28 reçoit l'huile sous pression, cette chambre étant formée à l'intérieur du raccord 16 et à l'extérieur de la membrane 18 en caoutchouc. Le raccord 16 a ainsi une surface incurvée 30 qui délimite la chambre et fixe la longueur de la chambre dans laquelle le liquide hydraulique est reçu. On observera que la membrane 18 est construite sous la forme d'un manchon qui entoure complètement le passage axial à travers l'équipement. La membrane 18, lorsqu'elle est exposée à une pression réduite, se contracte et accroît de ce fait le diamètre du passage axial qui la traverse. Ceci dépend de l'équilibre de pression qui est atteint entre la pression de la boue qui s'écoule dans le train de tiges et la pression du liquide hydraulique. On décrira en détails ci-après cet équilibre des pressions.

Une pompe ou cylindre à commande manuelle, tel que représenté, fournit du liquide hydraulique à la membrane pour la gonfler. Le tuyau 14 comporte une ouverture taraudée 34 qui débouche, à son tour, dans un passage 36 qui est suralésé avec un orifice percé de plus grand diamètre pour recevoir un tube de Pitot 38 dont l'extrémité est orientée vers l'aval. La boue s'écoule dans l'équipement, de gauche à droite en considérant la figure. En d'autres termes, la boue s'écoule à partir d'un emplacement amont jusqu'au delà de l'ouverture du tube de Pitot. L'ouverture du tube de Pitot est orientée vers l'aval en direction de l'appareil de mesure fonctionnant pendant le forage; elle n'est pas orientée vers l'amont en direction de la pompe à boue. Par conséquent, il existe ainsi une certaine protection contre les à-coup de pression pro-

duits par la pompe à boue. Au moyen d'une canalisation à fluide appropriée, la boue contenue dans le tube de Pitot est couplée à un convertisseur 40 de signaux de pression. On peut utiliser un transducteur de pression de type courant, tel qu'un transducteur de pression à extensomètre. Une autre construction utilise un cristal de quartz ou autre cristal piézo-électrique. Quoiqu'il en soit, la pression est convertie en une forme spécifiée de signal de sortie, tel qu'un signal produit par un cristal piézo-électrique. Ce signal est ensuite appliqué à un appareil de décodage 42 lequel fournit, à son tour, les informations de pression, sous une forme électrique, à un enregistreur 44 à bande. L'enregistreur 44 à bande enregistre sous forme d'une fonction du temps, la pression qui est détectée par l'appareil.

Le terme "bruit" se réfère à un à-coup de pression transmis d'en haut (d'amont) au tube de Pitot; un signal est une impulsion qui provient d'en bas (d'aval); et, cependant, le bruit et le signal ont tous deux la même forme physique, à savoir, ils sont constitués par une pointe de pression à la sortie du tube de Pitot.

On a décrit ci-dessus l'agencement de l'équipement. La description de son fonctionnement nécessite des explications complémentaires. Pour un tube de Pitot donné, il existe une pression de stagnation définie par des textes connus. La pression de stagnation diffère de la pression du circuit de la manière indiquée par l'équation suivante :

$$(2) \quad P_S = P + KV^2$$

dans laquelle P_S = la pression de stagnation,

P = la pression du circuit,

K = une constante, et

V = la vitesse du fluide.

Dans l'équation ci-dessus, le second terme est positif ou négatif selon la direction vers laquelle le tube de Pitot est orienté. On mesure typiquement la constante à l'aide d'observations empiriques car il n'est pas facile de la prédire au moyen de calculs ou d'études théoriques. Ceci est conforme aux indications données dans l'ouvrage "Fluid Mechanics" de Daugherty et Ingersoll, édition de 1954, page 107.

Un autre fait est que la membrane 18 fonctionne comme un venturi. Il existe une relation connue conformément à laquelle la vitesse et la pression d'un fluide s'écoulant dans un venturi varient et une solution en régime permanente de cette relation est donnée par l'équation de Bernoulli. Une autre relation intéressante est l'équation de continuité qui relie entre elles les vitesses et les sections de passage, cette équation étant :

$$(3) \quad V_1 A_1 = V_2 A_2$$

dans laquelle V_1 = la vitesse d'un écoulement par une surface de section transversale, et

V_2 = la vitesse de l'écoulement par une surface de section transversale A_2 .

Par conséquent, en utilisant l'équation de continuité, l'équation du coup de bélier indiquée en premier lieu ci-dessus et l'équation de Bernoulli, on peut parvenir à une certaine compréhension de l'appareil. Une impulsion de pression engendrée par la pompe franchit l'extrémité du tube de Pitot en se déplaçant vers l'aval. Le signal de sortie du tube de Pitot est accru par la pression détectée par le tube de Pitot. Cependant, ce signal de sortie est simultanément réduit par l'accroissement de vitesse liée à l'à-coup de pression. En d'autres termes, l'à-coup de pression provoque la production par le tube de Pitot d'un signal de sortie accru. L'accroissement de vi-

tesse provoque la production par le tube de Pitot d'un signal de sortie réduit. On ajuste alors les dimensions du venturi de telle sorte que les variations de vitesse et de pression deviennent égales et, du fait
5 qu'elles sont de sens opposé, elles ont tendance à s'annuler. On règle ainsi le col du venturi jusqu'à ce que les à-coup de pression engendrés par la pompe à boue ne produisent plus de changement du signal de sortie. A titre d'exemple, si la pression de régime
10 stable normale est de 170 bars et si les à-coup de pression sont de 17 bars au-dessus de la pression de régime stable, ces à-coup de pression peuvent être annulés par des réglages du col de venturi.

Inversement, lorsqu'un signal provenant
15 du fond du trou de sonde se propage vers le haut dans la colonne de boue, un tel signal est nettement plus petit que les à-coup de pression produits par la pompe. Le petit signal est dirigé vers l'amont et pénètre dans l'extrémité du tube de Pitot. Il
20 se produit, par conséquent, un accroissement de la pression de fluide et une diminution de la vitesse du fluide dans le col du venturi. On rappellera, cependant, que le venturi a été précédemment ajusté de sorte que les variations de pression et de vitesse d'une impulsion sont d'égale grandeur. Cependant,
25 cette impulsion se propage vers le haut dans la colonne de boue et non pas vers le bas dans la colonne de boue et non pas vers le bas dans la colonne de boue, comme ceci est le cas lorsque l'impulsion est engendrée
30 par la pompe à boue.

Dans le cas des impulsions qui se propagent vers le haut dans la colonne de boue, les variations séparées qui résultent des modifications de la pression et de la vitesse sont additives. Il en résulte que le
35 signal de sortie du tube de Pitot est deux fois plus

grand du fait de ce renforcement. Ceci sert à amplifier les très petits signaux qui sont reçus en provenance du fond du trou de sonde. A titre de données de base, on a précédemment indiqué que ces signaux
5 doivent se propager sur une distance qui peut atteindre 3000 m ou plus dans une colonne de boue. En outre, ils ne sont pas produits par une source du type ayant une puissance de plusieurs milliers de chevaux, ce qui constitue l'une des caractéristiques propres de la pompe à boue; au contraire, ils sont
10 produits ou engendrés par des étranglements momentanés formés dans le train de tiges proprement dit.

Les signaux de sortie amplifiés sont ensuite traités par l'appareillage supplémentaire qui
15 a été représenté sur la figure. Le détecteur de signaux peut être l'un quelconque de divers appareils, tels que ceux représentés dans les brevets des EUA n° 3 309 656, n° 3 488 629, n° 3 555 504, n° 3 716 830 et n° 3 747 059 qui doivent tous être considérés comme
20 incorporés à la présente description par la référence qui y est faite ici.

Une configuration typique des impulsions émises au fond du trou de sonde peut être la séquence suivante :

25 a) une première impulsion d'une durée de cinq secondes servant d'impulsion d'étalonnage;

b) une seconde impulsion dont chaque période de cinq secondes représente quarante cinq degrés d'avancement, ayant une durée maximale d'impul-
30 sion de quarante secondes;

c) une troisième impulsion dont chaque période de cinq secondes représente quinze degrés d'inclinaison, cette troisième impulsion ayant une durée maximale de trente secondes;

d) une autre impulsion pour indiquer l'orientation, cette impulsion étant typiquement divisée en unités de cinq secondes dont chacune représente un secteur de quarante cinq degrés, cette impulsion
5 ayant une durée maximale de quarante secondes;

e) une cinquième ou dernière impulsion servant d'impulsion d'étalonnage et ayant une durée arbitraire quelconque, par exemple de quinze secondes.

On observera à la lecture de la description qui précède que la présente invention est capable
10 d'annuler les variations de pression engendrées par la pompe. Les pompes ont quelquefois une "personnalité" propre; en d'autres termes, un premier piston peut engendrer une variation de douze pour cent (12%)
15 de la pression de base tandis que le second piston peut produire une variation de neuf pour cent (9%). L'appareil de la présente invention, à une première pression de régime stable donnée, est raisonnablement
linéaire et, par conséquent, capable d'annuler toute
20 une gamme de variations de pression et de produire, par conséquent, un signal de sortie exempt de pointes de bruit.

Bien que la description qui précède concerne un mode de réalisation préféré, la portée
25 de l'invention est définie par les revendications annexées.

REVENDICATIONS

1) Appareil conçu pour être utilisé pour détecter des signaux transmis vers le haut dans une colonne de boue contenue dans un train de tiges de forage par une source de signaux située au fond du trou de sonde, cet appareil étant soumis au bruit d'une source amont, telle qu'une pompe à boue bruyante, cet appareil étant conçu pour être monté en un emplacement choisi du trajet d'écoulement de la boue et étant caractérisé en ce qu'il comporte :

a) un tube de Pitot (38) ayant une extrémité ouverte positionnée dans le trajet d'écoulement de la boue et orientée vers l'aval; et

b) un venturi (18) monté en série dans le trajet d'écoulement et disposé autour du tube de Pitot, au voisinage de l'extrémité ouverte de ce dernier, et comportant, en outre, des moyens (28) pour modifier le col du venturi au voisinage de l'extrémité ouverte du tube de Pitot.

2) Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le venturi comprend une membrane (18) allongée, élastique, extensible et contractile, montée dans un raccord de tuyau allongé (16), ce raccord de tuyau comportant une chambre (28) de réception de fluide disposée autour de la membrane, chambre qui est conçue pour recevoir un fluide sous pression, lequel, lorsque la pression varie, provoque l'extension ou la contraction de la membrane de façon ainsi à faire varier l'ouverture du venturi.

3) Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que le raccord de tuyaux (16) comporte des première et seconde parties d'extrémité qui sont filetées de façon à pouvoir être assemblées à des tuyaux coopérants (12, 14) faisant partie du trajet d'écoulement de la boue.

4) Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens transducteurs (40) de signaux de pression raccordés au tube de Pitot (38) pour produire un signal de sortie électrique à partir d'un signal d'entrée constitué par une variation de pression.

5) Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (24) pour fournir un fluide sous pression au venturi afin de modifier la section du col dudit venturi.

6) Procédé pour détecter des impulsions de pression aval provenant d'un équipement de mesure fonctionnant pendant le forage fixé au voisinage des parties inférieures d'un train de tiges de forage, équipement qui produit des signaux qui se propagent vers le haut dans la colonne de boue contenue dans le train de tiges, signaux qui sont masqués par des impulsions produites par des sources de bruit situées en un autre emplacement de la colonne de boue et se propagent vers l'aval, ce procédé étant caractérisé en ce qu'il consiste :

a) à positionner un tube de Pitot (38) ayant une extrémité ouverte orientée vers l'aval dans la colonne de boue;

b) à positionner un venturi réglable (18) autour de l'extrémité ouverte du tube de Pitot;

c) à régler le diamètre du col de venturi de façon à annuler les à-coup de pression qui se propagent vers l'aval à partir de l'amont de façon qu'ils produisent un signal de sortie minimal à la sortie du tube de Pitot; et

d) à recevoir des impulsions de pression qui se propagent dans la colonne de boue et qui sont détectés par le tube de Pitot qui produit un signal de sortie représentatifs des impulsions de pression

qui se propagent vers l'amont.

5 7) Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte l'étape qui consiste à régler le col de venturi en appliquant un fluide sous pression à l'extérieur d'un élément tubulaire élastique (18) formant ledit venturi, les variations de cette pression modifiant le diamètre dudit col.

10 8) Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'on règle la pression de façon à régler le diamètre du venturi et en ce qu'on effectue de tels réglages jusqu'à ce que les impulsions de pression qui se propagent à partir de l'amont soient annulées à la sortie du tube de Pitot.

15 9) Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte l'étape qui consiste à détecter les signaux de pression à la sortie du tube de Pitot.

20 10) Appareil conçu pour être utilisé pour détecter des signaux transmis vers le haut dans une colonne de boue contenue dans un train de tiges de forage par une source de signaux située au fond du trou de sonde, cet appareil étant soumis au bruit d'une source amont, telle qu'une pompe à boue bruyante, cet appareil étant conçu pour être monté en un emplacement choisi du trajet d'écoulement de la
25 boue et étant caractérisé en ce qu'il comporte :

a) un tube de Pitot (38) ayant une extrémité ouverte positionnée dans le trajet d'écoulement de la boue et orientée vers l'aval; et

30 b) un venturi (18) disposé axialement, ayant un col de diamètre réduit par rapport au diamètre de ses extrémités et entourant le tube de Pitot, le diamètre du col étant réduit par rapport au diamètre des extrémités en fonction de la vitesse
35 et de la pression du courant de boue s'écoulant dans le venturi.

