

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 483 003

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 05186

(54) Procédé pour obturer sélectivement des perforations dans un tubage de puits dévié.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). E 21 B 33/13, 43/12.

(22) Date de dépôt..... 16 mars 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *EUA, 20 mai 1980, n° 06/151 567.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 48 du 27-11-1981.

(71) Déposant : Société dite : EXXON PRODUCTION RESEARCH CO., résidant aux EUA.

(72) Invention de : Steven Ray Erbstoesser.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Rinuy, Santarelli,
14, av. de la Grande-Armée, 75017 Paris.

L'invention concerne des procédés de détournement sélectif dans un forage dévié, et plus particulièrement des procédés pour obturer un groupe déterminé de perforations dans un tubage de puits dévié tout en laissant les autres perforations du tubage ouvertes et en communication avec la formation.

Il est courant, lors du forage de puits de pétrole et de gaz, de dévier le sondage par rapport à la verticale. Lorsque le sondage est dévié volontairement de la verticale, il s'agit d'un forage dirigé. Le forage dirigé s'applique à plusieurs situations telles que la mise en production à partir d'emplacements inaccessibles, par exemple des zones habitées, des milieux hostiles, des zones situées sous des cours d'eau, etc., le forage à partir de plates-formes marines, et la déviation d'un sondage vertical lorsque le forage du puits initial dans l'eau ou des problèmes de fond de puits exigent l'abandon du tronçon inférieur du sondage.

Il est courant, lors de la complétion de puits de pétrole et de gaz, y compris de puits déviés, de mettre en place un train de tiges, appelé tubage, dans le puits et d'introduire par pompage du ciment autour de la surface extérieure du tubage afin d'isoler les diverses formations traversées par le puits. Pour établir une communication de fluide entre chaque formation contenant des hydrocarbures et l'intérieur du tubage, ce dernier et l'enveloppe de ciment sont perforés au niveau de chaque formation. Les perforations sont normalement réalisées dans chaque formation avec un décalage de 0°, 90°, 120° ou 180°.

A divers moments de la vie du puits, il peut être souhaitable de boucher momentanément ou définitivement un groupe déterminé de perforations situé dans un tronçon du tubage et communiquant avec une certaine zone ou une certaine formation. Par exemple, dans des puits d'injection d'eau, il est souhaitable de boucher définitivement le groupe particulier de perforations communiquant avec la zone la plus perméable après l'arrivée de l'eau de cette zone dans le puits de production. En outre, dans certains cas, il peut

être souhaitable de boucher momentanément le groupe particulier de perforations communiquant avec une première zone adjacente à une voie d'eau, tandis qu'un traitement de fracturation est effectué dans une seconde zone éloignée de la voie d'eau. Il existe d'autres situations dans lesquelles il est souhaitable de boucher sélectivement un groupe particulier de perforations communiquant avec une zone particulière tout en laissant ouvertes les autres perforations du tubage qui communiquent avec d'autres zones.

10 Un procédé antérieur de détournement sélectif est décrit dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique N° 4 194 561. Ce procédé consiste à utiliser des dispositifs de mise en place pour positionner des balles flottantes d'obturation dans un emplacement particulier à l'intérieur du sondage. Ces dispositifs sont équipés de moyens empêchant la remontée des balles flottantes d'obturation au-delà du dispositif de mise en place. Les balles d'obturation sont appliquées sur les perforations par la mise en circulation d'un fluide vers le bas, dans le tubage et à travers le dispositif. Ces dispositifs sont normalement utilisés pour boucher sélectivement les perforations situées dans le tronçon le plus bas du tubage.

Il subsiste donc la nécessité de pouvoir boucher aisément et sélectivement un groupe particulier de perforations situé en un point quelconque de la longueur du tubage.

25 Le procédé selon l'invention permet d'obturer sélectivement un groupe particulier de perforations situé en un point quelconque de la longueur du tubage d'un sondage dévié. Ce groupe particulier de perforations communique avec une zone ou portion particulière de zone que l'on souhaite isoler, soit momentanément, soit définitivement pendant la durée de vie du puits. Le procédé selon l'invention comprend généralement cinq étapes. La première étape consiste à réaliser plusieurs perforations dans un tronçon particulier du tubage qui traverse la zone particulière ou portion de zone que l'on souhaite isoler. Ces perforations sont situées à peu près en totalité à la partie supérieure ou à la partie inférieure du tubage, contre un plan imaginaire qui est

aligné à peu près verticalement et qui s'étend le long de l'axe longitudinal du tubage. La deuxième étape consiste à perforer d'autres tronçons du tubage de manière à former plusieurs perforations permettant une communication avec d'autres zones. Ces perforations sont espacées circonférentiellement du plan imaginaire, d'une distance suffisante pour empêcher pratiquement des agents de déviation ou détournement tels que des balles d'obturation ou des particules, descendant dans le tubage avec un fluide porteur qui suit un trajet adjacent au tubage et au plan, de se loger dans ces perforations. Ces dernières sont de préférence espacées circonférentiellement du plan, d'un angle d'au moins environ 30°. La troisième étape consiste à injecter un fluide porteur, contenant un agent de déviation, dans le tubage lorsque l'on souhaite obturer les perforations de ce tronçon particulier du tubage. Si le tubage doit être perforé le long de sa partie supérieure, l'agent de déviation est choisi de manière à avoir une densité inférieure à celle du fluide porteur. Si le tubage doit être perforé le long de sa partie inférieure, l'agent de déviation est choisi de manière à avoir une densité supérieure à celle du fluide porteur. La quatrième étape consiste à faire descendre l'agent de déviation dans le tubage. En raison de la différence de densité entre l'agent de déviation et le fluide porteur, l'agent de déviation est entraîné vers le bas du tubage en suivant un trajet adjacent à la partie supérieure ou à la partie inférieure du tubage et adjacent au plan vertical imaginaire qui s'étend le long de l'axe longitudinal du tubage. Lorsque l'agent de déviation descend dans le tubage, il passe à côté des perforations qui sont espacées circonférentiellement du plan imaginaire, en raison de la distance comprise entre le trajet suivi par l'agent de déviation et les perforations espacées. L'agent de déviation contourne également les perforations éloignées, bien que ces perforations reçoivent du fluide porteur. La cinquième étape consiste à faire passer le fluide porteur, contenant l'agent de déviation, dans les perforations prédéterminées, situées à la partie supérieure ou à la partie inférieure du tubage, de

manière que l'agent de déviation se loge dans ces perforations et bouche sélectivement ce tronçon particulier du tubage. En descendant le long de la partie supérieure ou de la partie inférieure du tubage, l'agent de déviation évite
5 les perforations éloignées et ne se loge que dans les perforations situées le long de la partie supérieure ou de la partie inférieure du tubage.

L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemples nullement limitatifs
10 et sur lesquels :

la figure 1 est une coupe longitudinale partielle d'un sondage dévié et perforé conformément au procédé de l'invention ;

la figure 2 est une coupe transversale du sondage dévié, suivant la ligne 2-2 de la figure 1 ;
15

la figure 3 est une coupe transversale du sondage dévié, suivant la ligne 3-3 de la figure 1 ;

la figure 4 est une coupe transversale du sondage dévié, suivant la ligne 4-4 de la figure 1 ;
20

la figure 5 est une coupe longitudinale partielle du sondage dévié de la figure 1, montrant des balles flottantes d'obturation qui sont entraînées vers le bas du tubage, conformément au procédé de l'invention ; et

la figure 6 est une coupe longitudinale partielle du sondage dévié de la figure 1, montrant des balles non flottantes d'obturation entraînées vers le bas du tubage, conformément au procédé de l'invention.
25

La figure 1 représente en coupe un tronçon d'un sondage dévié 10 qui traverse une formation souterraine 12.
30 Un tubage 14 est disposé dans le puits et est maintenu en place par une enveloppe 16 de ciment. Le tubage 14 présente un axe longitudinal 22 qui s'étend sur toute sa longueur. Pour établir une communication de fluide entre la formation et l'intérieur du tubage, ce dernier et l'enveloppe de ciment
35 sont traversés de plusieurs perforations 17 réalisées dans le côté du tubage, de perforations 18 réalisées dans la partie supérieure du tubage et de perforations 20 réalisées dans sa partie inférieure. Pendant la vie du puits, il peut être souhaité de boucher les perforations 18 ou 20.

La figure 2 représente en coupe transversale, suivant la ligne 2-2 de la figure 1, le tubage 14. Une perforation 17 est réalisée dans un côté du tubage 14 et est éloignée circonférentiellement d'un plan imaginaire 24 orienté à peu près verticalement et s'étendant le long de l'axe longitudinal 22 du tubage 14. Les perforations 17 sont de préférence éloignées circonférentiellement du plan 24 d'un angle d'au moins environ 30° . Il est encore plus avantageux que les perforations 17 soient éloignées du plan 24 d'un angle compris entre environ 60 et 90° .

La figure 3 représente le tubage 14 en coupe transversale suivant la ligne 3-3 de la figure 1. Une perforation 18 est réalisée dans la partie supérieure du tubage, dans le plan imaginaire 24. La figure 4 est une autre coupe transversale du tubage 14, suivant la ligne 4-4 de la figure 1. Une perforation 20 est réalisée dans la partie inférieure du tubage et dans le plan 24. Il est évident à l'homme de l'art que, lors de la mise en pratique du procédé de l'invention, la position circonférentielle angulaire des perforations 18 et 20 peut varier légèrement par rapport à la verticale, mais que le tubage doit être perforé de manière que les perforations 18 et 20 soient dans le plan orienté à peu près verticalement.

La partie restante du tubage (non représentée) peut être percée en d'autres points de sa longueur, où l'on souhaite établir une communication de fluide avec la formation. Cependant, ces perforations sont de préférence éloignées circonférentiellement du plan 24, d'un angle d'au moins environ 30° .

Les perforations de la partie supérieure ou de la partie inférieure du tubage peuvent être réalisées au moyen de tout type convenable de perforateur à balles. Il est préférable d'utiliser des perforateurs tels qu'un perforateur à charges creuses, produisant les perforations les plus rondes et avec le moins possible de bavures, ces perforations étant les plus aptes à recevoir des balles d'obturation. Pour perforer la partie inférieure du tubage, il est possible d'utiliser un nombre quelconque de perforateurs décentrés, du

type mécanique ou magnétique. Par exemple, des charges ou balles de perforations du type pour colonne ou tubage permettent d'obtenir des perforations satisfaisantes. Des perforateurs convenables du type mécanique comportent des ressorts plats qui les orientent à la partie inférieure du tubage. Le perforateur du type magnétique utilise des aimants qui l'orientent à la partie inférieure du tubage. Pour perforer la partie supérieure du tubage, il est préférable d'utiliser des perforateurs de tubage décentrés d'une manière analogue. Ces perforateurs de grande dimension réduisent la distance les séparant de la paroi du tubage afin d'améliorer la qualité du trou d'entrée de la perforation. Un type de perforateur de tubage est décrit dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique N° 4 153 118. Cependant, il est évident à l'homme de l'art que d'autres types de perforateurs pouvant être convenablement orientés peuvent également être utilisés dans la mise en oeuvre du procédé de l'invention.

Les figures 5 et 6 représentent des balles d'obturation entraînées vers le bas d'un tubage de puits dévié, conformément au procédé de l'invention. La figure 5 montre que les perforations 18 sont réalisées le long de la partie supérieure du tubage 14. Les balles 26 d'obturation ont été injectées dans le tubage 14 et sont entraînées vers le bas de ce dernier par un fluide porteur ou transporteur 28. Les balles 26 d'obturation sont choisies de manière à avoir une densité inférieure à celle du fluide porteur 28 qui est utilisé pour les faire descendre dans le tubage. Le fluide porteur est injecté dans le tubage à un débit suffisant pour faire descendre dans ce tubage les balles flottantes d'obturation. Ces dernières flottent dans le fluide porteur et sont entraînées vers le bas du tubage en suivant un trajet qui passe le long de la partie supérieure du tubage et qui est adjacent au plan sensiblement vertical et contenant l'axe longitudinal du tubage 14. Les balles flottantes 26 d'obturation passent à l'écart des perforations réalisées dans la partie inférieure du tubage et des perforations 17 espacées circonférentiellement de la partie supérieure du tubage 14. Ainsi, les balles flottantes d'obturation sont

entraînées vers le bas du tubage jusqu'à ce qu'elles arrivent aux perforations réalisées dans la partie supérieure du tubage. L'écoulement du fluide par ces perforations provoque l'application des balles sur lesdites perforations. Les
5 balles d'obturation sont maintenues sur ces perforations par la pression différentielle à laquelle ces dernières sont soumises.

La figure 6 montre des perforations 20 réalisées le long de la partie inférieure du tubage 14. Les balles 30
10 d'obturation sont choisies de manière à avoir une densité supérieure à celle du fluide porteur 32. Les balles non flottantes 30 d'obturation coulent dans le fluide porteur 32 et descendent le long du tubage en suivant un trajet qui s'étend le long de la partie inférieure du tubage et qui est
15 adjacent au plan sensiblement vertical et contenant l'axe longitudinal du tubage 14. Ces balles d'obturation passent à l'écart des perforations 17 qui sont éloignées circonférentiellement de la partie inférieure du tubage 14 et des perforations 18 qui sont réalisées dans la partie supérieure
20 du tubage 14. Les balles d'obturation ne se logent que sur les perforations 20 réalisées dans la partie inférieure du tubage.

Dans une variante du procédé de l'invention, le tubage peut n'être perforé qu'à ses parties supérieure et
25 inférieure, ce qui permet à la fois un détournement sélectif et une fermeture sélective et sûre du puits. Le détournement sélectif s'effectue par l'injection de balles d'obturation flottantes ou non flottantes dans le puits afin de boucher sélectivement les perforations réalisées dans la partie
30 supérieure du tubage ou les perforations réalisées dans la partie inférieure du tubage. Le puits peut être fermé par l'injection à la fois de balles d'obturation flottantes et de balles d'obturation non flottantes dans le puits. Si l'on souhaite ne fermer qu'une zone particulière, le tubage peut
35 être percé d'un premier groupe de perforations réalisées dans sa partie supérieure ou dans sa partie inférieure, dans le plan sensiblement vertical. D'autres parties du tubage peuvent être percées de perforations éloignées circonféren-

tiellement du premier groupe de perforations, d'un angle d'au moins environ 30°. Par exemple, si les perforations du premier groupe sont réalisées dans la partie inférieure du tubage et dans le plan sensiblement vertical, le tubage peut être perforé à sa partie supérieure, dans une zone éloignée circonférentiellement du plan imaginaire d'un angle de moins de 30°. Si le tubage est également perforé sur ses côtés, le puits peut être fermé par l'injection de balles d'obturation ayant une densité sensiblement égale à celle du fluide porteur.

Plusieurs types d'agents de détournement peuvent être utilisés lors de la mise en pratique de l'invention, par exemple des balles d'obturation et des matières en particules. Comme indiqué précédemment, la densité constitue le critère le plus important pour le choix d'un agent convenable de détournement pouvant être utilisé dans la mise en oeuvre du procédé de l'invention. Un agent de détournement ayant une densité appropriée doit être choisi pour être utilisé avec un fluide porteur particulier. Si les perforations se trouvent à la partie inférieure du tubage, la densité de l'agent de détournement doit être supérieure à celle du fluide porteur particulier devant être utilisé pour faire descendre cet agent de détournement dans le tubage. Si les perforations se trouvent à la partie supérieure du tubage, la densité de l'agent de détournement doit être inférieure à la densité du fluide porteur particulier utilisé pour faire descendre cet agent de détournement dans le tubage. Lors de la mise en pratique de l'invention, il est avantageux d'utiliser des balles d'obturation comme agents de détournement. Il est préférable que les balles d'obturation aient un revêtement extérieur suffisamment souple pour boucher une perforation réalisée par une charge creuse ou une balle, et un noyau rigide plein qui résiste au refoulement à travers la perforation. Un type convenable de balles d'obturation est décrit dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique N° 4 102 401. Cependant, il est évident à l'homme de l'art que de nombreux autres types de balles d'obturation peuvent également être utilisés dans la mise en pratique du procédé de l'invention.

Il est également évident à l'homme de l'art que divers facteurs doivent être pris en considération pour une mise en pratique avec succès du procédé de l'invention. Des facteurs à considérer lors d'une telle mise en pratique

5 comprennent le débit d'injection du fluide porteur, la différence de densité entre l'agent de détournement et le fluide porteur, le degré de déviation du sondage, le diamètre du sondage, la dimension de l'agent de détournement, la viscosité du fluide porteur (en particulier dans le cas de

10 particules de matières), le débit d'écoulement par perforation et le débit d'écoulement global par toutes les perforations du tubage.

Les résultats suivants d'essais de laboratoire illustrent la mise en pratique de l'invention. Les essais ont

15 été effectués dans un sondage acrylique dévié de divers angles par rapport à la verticale. Le diamètre intérieur du sondage est de 15,24 cm et ce sondage présente plusieurs perforations de 1,27 cm de diamètre.

Dans une première série d'essais, le sondage est

20 dévié de 30° par rapport à la verticale et il présente quatre perforations. Ces dernières sont réalisées dans la partie supérieure du tubage, dans un plan sensiblement vertical et contenant l'axe longitudinal du sondage.

Dans le premier groupe d'essais, des balles

25 flottantes de 1,91 cm de diamètre, ayant un poids spécifique tel que la différence entre leur poids spécifique et celui du fluide porteur soit comprise entre environ $-0,084 \text{ g/cm}^3$ et environ $-0,004 \text{ g/cm}^3$, sont entraînées vers le bas du sondage, jusque dans la zone perforée. Bien que le débit total

30 d'écoulement descendant dans le tubage soit réglé pour entraîner les balles jusqu'aux perforations, le débit d'écoulement par perforation est maintenu à environ 1,89 l/min. Les balles sont entraînées vers le bas, contre la partie supérieure de tubage, et toutes les balles ayant un

35 poids spécifique compris dans la plage précédente de différences de poids spécifique s'appliquent sur les perforations supérieures, ce qui donne une efficacité d'application de 100 %.

Dans un deuxième groupe d'essais, des balles non flottantes de 1,91 cm de diamètre sont injectées dans le sondage ayant la même orientation et présentant des perforations. Les résultats sont les suivants :

	Différence de poids spécifique des balles non flottantes d'obturation (g/cm^3)	Débit d'écoulement par perforation (litres/minute)	Efficacité d'application (%)
5			
10		18,9	0
		28,4	15,0
	0,002	37,9	55,0
		47,3	70,0
15		56,8	95,0
		28,4	0
	0,018	37,9	0
		47,3	0
20		56,8	0

Dans une autre série d'essais, quatre perforations sont réalisées sur les deux côtés du sondage de manière à être éloignées circonférentiellement de la partie inférieure du sondage d'un angle d'environ 60° . Dans ces essais, l'orientation (ou déviation) du modèle de sondage peut être réglée de 0 à 60° par rapport à la verticale.

Dans la première phase de ces essais, on injecte des balles flottantes d'obturation dans le sondage qui est dévié de 30° par rapport à la verticale. De même que dans l'essai précédent, les balles sont maintenues dans l'intervalle perforé pendant une certaine durée en permettant un écoulement par la partie inférieure du sondage. Dans cette configuration d'essais, une ou plusieurs balles d'obturation s'appliquent dans les conditions suivantes : (a) différence de poids spécifique égale à $-0,079 \text{ g/cm}^3$; débit d'écoulement par perforation de $22,7 \text{ l/min}$ (5 minutes dans l'intervalle) ; (b) différence de poids spécifique égale à $-0,016 \text{ g/cm}^3$, débit d'écoulement par perforation de $18,9 \text{ l/min}$ (3 minutes dans l'intervalle) ; (c) différence de

poids spécifique égale à $-0,004 \text{ g/cm}^3$, débit d'écoulement par perforation de 20,8 l/min (2 minutes dans l'intervalle). Cependant, aucune balle d'obturation ne s'applique sur les perforations lorsque les débits d'écoulement sont réduits à des valeurs sensiblement inférieures à celles indiquées.

Dans la phase finale de cet essai (déviatation du sondage de 30° par rapport à la verticale), des balles non flottantes sont injectées dans le sondage et on observe les résultats suivants :

	Différence de poids spécifique des balles non flottantes d'obturation (g/cm^3)	Débit d'écoulement par perforation (litres/minute)	Efficacité d'application (%)
15		4,7	0
		18,9	35
	0,002	37,9	90
		56,8	90
20	0,005	18,9	0
		28,4	15
		37,9	39
		47,3	80

Dans la dernière série d'essais, quatre perforations sont réalisées sur les deux côtés du sondage de manière à être éloignées circonférentiellement de la partie inférieure de ce sondage d'un angle d'environ 60° . Le modèle de sondage est dévié de 60° par rapport à la verticale.

Dans la première phase de cet essai, des balles flottantes d'obturation sont injectées dans le sondage et maintenues dans l'intervalle perforé pendant une certaine durée en permettant un écoulement par la partie inférieure du sondage. Une ou plusieurs balles d'obturation s'appliquent dans les conditions suivantes : (a) différence de poids spécifique égale à $-0,018 \text{ g/cm}^3$, débit d'écoulement par perforation de 56,8 l/min (2 minutes dans l'intervalle) ; (b) différence de poids spécifique égale à $-0,012 \text{ g/cm}^3$, débit d'écoulement par perforation de 37,9 l/min (2 minutes

dans l'intervalle) ; (c) différence de poids spécifique égale à $-0,004 \text{ g/cm}^3$, débit d'écoulement par perforation de 18,9 l/min (3 minutes dans l'intervalle). Cependant, aucune balle d'obturation ne s'applique sur les perforations lorsque la différence de poids spécifique est élevée à $-0,026 \text{ g/cm}^3$, même si l'on augmente le débit d'écoulement par perforation afin de le porter à 56,8 l/min.

Dans la phase finale de cet essai, des balles non flottantes sont injectées dans le sondage dévié de 60° , ce qui donne les résultats suivants :

	Différence de poids spécifique des balles non flottantes d'obturation (g/cm^3)	Débit d'écoulement par perforation (litres/minute)	Efficacité d'application (%)
	0,002	4,7	5
		18,9	65
		37,9	85
		56,8	95
	0,018	9,5	0
		18,9	0
		28,4	10
		37,9	15
		47,3	15
		56,3	25

Il est évident que le procédé de l'invention n'est opérationnel que dans des sondages déviés par rapport à la verticale. Les chances de succès de l'exécution du procédé sont d'autant plus grandes que la déviation du sondage est importante. Dans les cas où l'on sait qu'un détournement sélectif est souhaitable, il est avantageux de réaliser un forage dirigé de manière qu'il présente un angle de déviation de préférence égal à environ 25° ou plus par rapport à la verticale.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au procédé décrit et représenté sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour obturer sélectivement des perforations dans un tubage (14) de puits dévié, caractérisé en ce qu'il consiste à percer un premier tronçon du tubage de façon à former plusieurs premières perforations (18 ou 20) qui sont pratiquement toutes situées dans un plan (24) sensiblement vertical et contenant l'axe longitudinal (22) du tubage, à percer un second tronçon du tubage de manière à former plusieurs secondes perforations (17) qui sont pratiquement toutes éloignées circonférentiellement dudit plan, d'une distance suffisante pour empêcher pratiquement des agents (26 ou 30) de détournement, descendus dans le tubage par un fluide porteur en suivant un trajet adjacent à ce tubage et au plan, de s'appliquer dans lesdites perforations (17), à injecter dans le tubage un fluide porteur (28 ou 32) contenant des agents (26 ou 30) de détournement pouvant avoir une densité supérieure à celle du fluide porteur, à faire descendre ces agents de détournement dans le fluide porteur jusqu'au premier tronçon du tubage, et à écouler le fluide porteur dans les premières perforations afin que les agents de détournement s'appliquent sélectivement sur lesdites premières perforations.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les agents de détournement sont des balles d'obturation ou des particules de matières.

3. Procédé pour obturer sélectivement des perforations réalisées dans un tubage (14) de puits dévié, caractérisé en ce qu'il consiste à percer un premier tronçon du tubage de façon à former plusieurs premières perforations (18 ou 20) qui sont pratiquement toutes placées dans un plan (24) orienté à peu près verticalement et contenant l'axe longitudinal (22) du tubage, à percer un second tronçon du tubage de façon à former plusieurs secondes perforations (17) qui sont pratiquement toutes éloignées circonférentiellement dudit plan, d'une distance suffisante pour empêcher pratiquement des balles d'obturation (26 ou 30), entraînées vers le bas du tubage dans un fluide porteur (28) en suivant un

trajet adjacent à ce tubage et audit plan, de s'appliquer sur lesdites perforations, à injecter dans le tubage un fluide porteur (28 ou 32) contenant des balles d'obturation (26 ou 30) qui peuvent avoir une densité supérieure ou inférieure à celle du fluide porteur, à faire descendre dans le fluide porteur lesdites balles d'obturation jusqu'au premier tronçon du tubage, suivant un trajet adjacent à ce tubage et audit plan, et à écouler le fluide porteur dans les premières perforations pour que les balles d'obturation s'appliquent sélectivement sur lesdites premières perforations.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que les secondes perforations (17) sont éloignées circonférentiellement dudit plan vertical d'un angle d'au moins environ 30° , cet angle étant de préférence égal à au moins 60° .

5. Procédé pour obturer sélectivement des perforations d'un tubage (14) de puits dévié, caractérisé en ce qu'il consiste à percer un premier tronçon du tubage de façon à former plusieurs premières perforations (18) qui sont pratiquement toutes situées dans la partie supérieure du tubage et dans un plan (24) orienté à peu près verticalement et contenant l'axe longitudinal (22) du tubage, à percer un second tronçon du tubage de façon à former plusieurs secondes perforations (20) qui sont pratiquement toutes situées dans la partie inférieure du tubage et dans un plan (24) orienté à peu près verticalement et contenant l'axe longitudinal du tubage, à injecter dans ce tubage un fluide porteur (28) qui contient des balles (26) d'obturation ayant une densité inférieure à celle du fluide porteur, à faire descendre les balles d'obturation dans le tubage, suivant un trajet adjacent à la partie supérieure dudit tubage, et à écouler le fluide porteur par les premières perforations afin que les balles d'obturation s'appliquent sélectivement sur lesdites premières perforations (18).

6. Procédé pour obturer sélectivement des perforations d'un tubage (14) de puits dévié, caractérisé en ce qu'il consiste à percer un premier tronçon du tubage de façon à former plusieurs premières perforations (18) qui sont

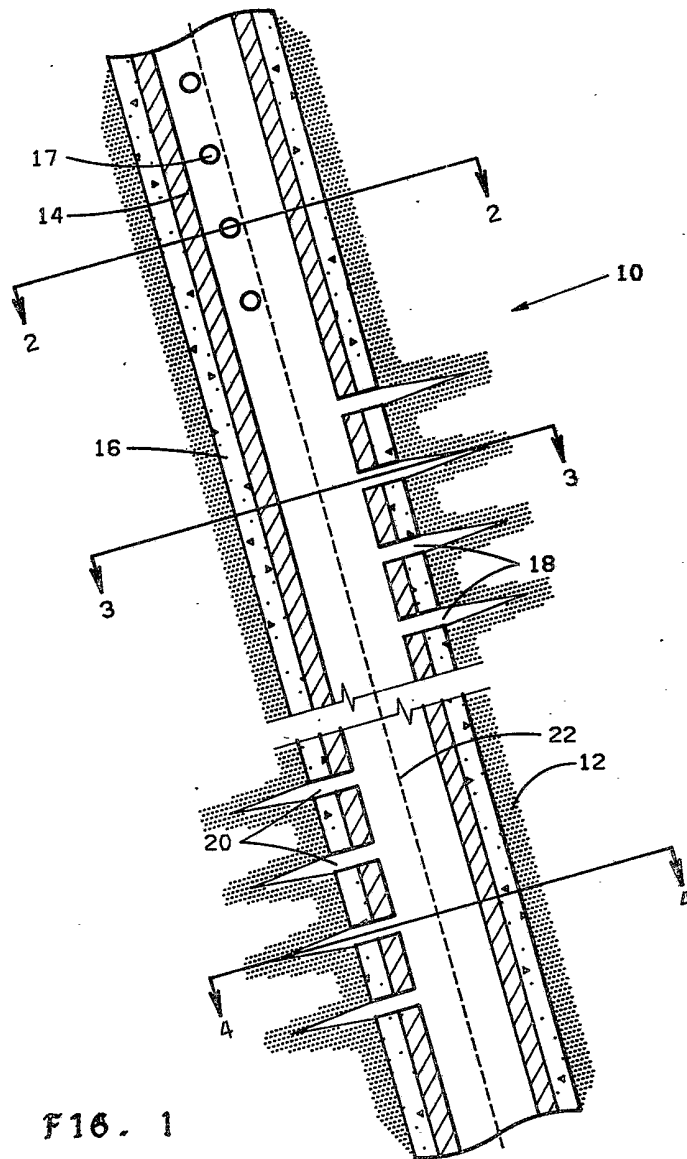
pratiquement toutes situées dans la partie supérieure du tubage et dans un plan (24) orienté à peu près verticalement et contenant l'axe longitudinal (22) du tubage, à percer un second tronçon du tubage de façon à former plusieurs secondes perforations (20) qui sont pratiquement toutes situées dans la partie inférieure du tubage et dans un plan (24) orienté à peu près verticalement et contenant l'axe longitudinal du tubage, à injecter dans ce dernier un fluide porteur (32) contenant des balles (30) d'obturation ayant une densité supérieure à celle dudit fluide porteur, à faire descendre les balles d'obturation dans le tubage, suivant un trajet adjacent à la partie inférieure du tubage, et à écouler le fluide porteur par les secondes perforations afin que les balles d'obturation s'appliquent sélectivement sur lesdites secondes perforations.

7. Procédé pour obturer sélectivement des perforations d'un tubage (14) de puits dévié, caractérisé en ce qu'il consiste à percer un premier tronçon du tubage de façon à former plusieurs premières perforations (18 ou 20) qui sont pratiquement toutes situées dans un plan vertical (24) contenant l'axe longitudinal (22) du tubage, à percer un second tronçon du tubage de façon à former plusieurs secondes perforations (17) qui sont pratiquement toutes éloignées circonférentiellement dudit plan vertical, d'un angle d'au moins environ 30°, à injecter dans le tubage un fluide porteur (28 ou 32) contenant des balles (26 ou 30) d'obturation choisies de manière à avoir une densité supérieure ou inférieure à celle du fluide porteur, à faire descendre les balles d'obturation avec le fluide porteur dans le tubage jusqu'au premier tronçon de ce dernier, et à écouler le fluide porteur par les premières perforations afin que les balles d'obturation s'appliquent sur ces premières perforations.

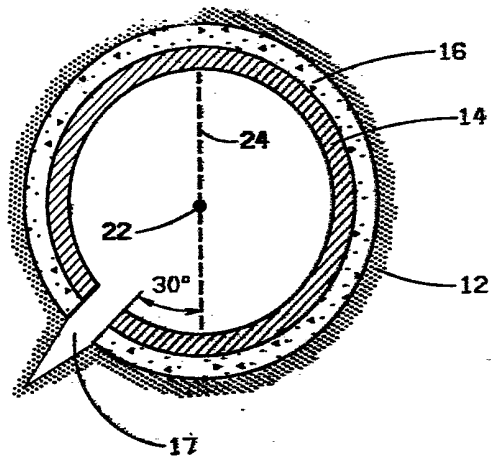
8. Procédé pour obturer sélectivement des perforations d'un tubage (14) de puits dévié, caractérisé en ce qu'il consiste à percer un premier tronçon du tubage de façon à former plusieurs premières perforations (18) qui sont pratiquement toutes situées dans la partie supérieure du

tubage et dans un plan (24) orienté à peu près verticalement et contenant l'axe longitudinal (22) du tubage, à percer un second tronçon du tubage de façon à former plusieurs secondes perforations (17) qui sont pratiquement toutes éloignées
5 circonférentiellement dudit plan, à la partie supérieure du tubage, d'un angle d'au moins environ 30°, à injecter dans ce tubage un fluide porteur (28) contenant des agents (26) de détournement ayant une densité inférieure à celle du fluide porteur, à faire descendre les agents de détournement dans le
10 tubage suivant un trajet adjacent à la partie supérieure du tubage, et à écouler le fluide porteur par les premières perforations afin que les agents de détournement s'appliquent sélectivement sur lesdites premières perforations.

9. Procédé pour obturer sélectivement des
15 perforations d'un tubage (14) de puits dévié, caractérisé en ce qu'il consiste à percer un premier tronçon du tubage de façon à former plusieurs premières perforations (20) qui sont pratiquement toutes situées dans la partie inférieure du tubage et dans un plan (24) orienté à peu près verticalement
20 et contenant l'axe longitudinal (22) du tubage, à percer un second tronçon du tubage de façon à former plusieurs secondes perforations (17) qui sont pratiquement toutes espacées circonférentiellement dudit plan, à la partie inférieure du tubage, d'un angle d'au moins environ 30°, à injecter dans ce
25 tubage un fluide porteur (32) contenant des agents (30) de détournement qui ont une densité supérieure à celle du fluide porteur, à faire descendre ces agents de détournement dans le tubage, suivant un trajet adjacent à la partie inférieure de ce tubage, et à écouler le fluide porteur par lesdites
30 premières perforations afin que les agents de détournement s'appliquent sélectivement sur ces premières perforations.

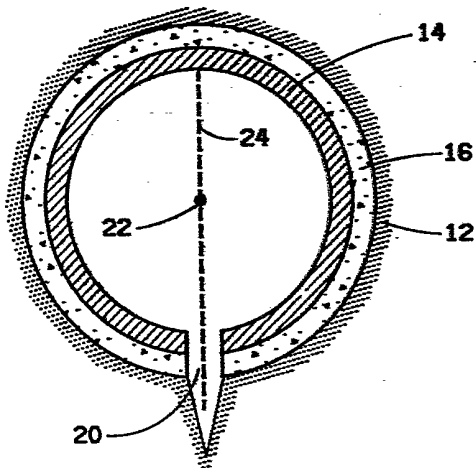
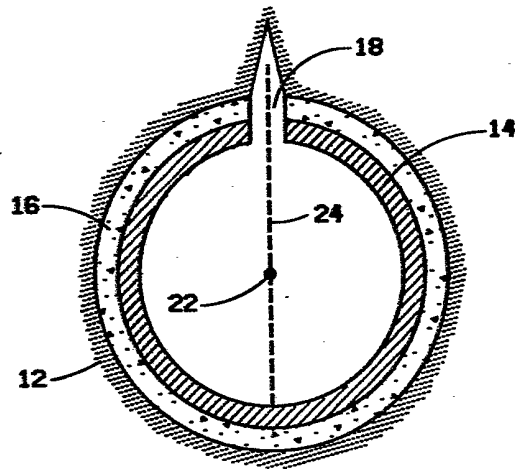


F16. 1

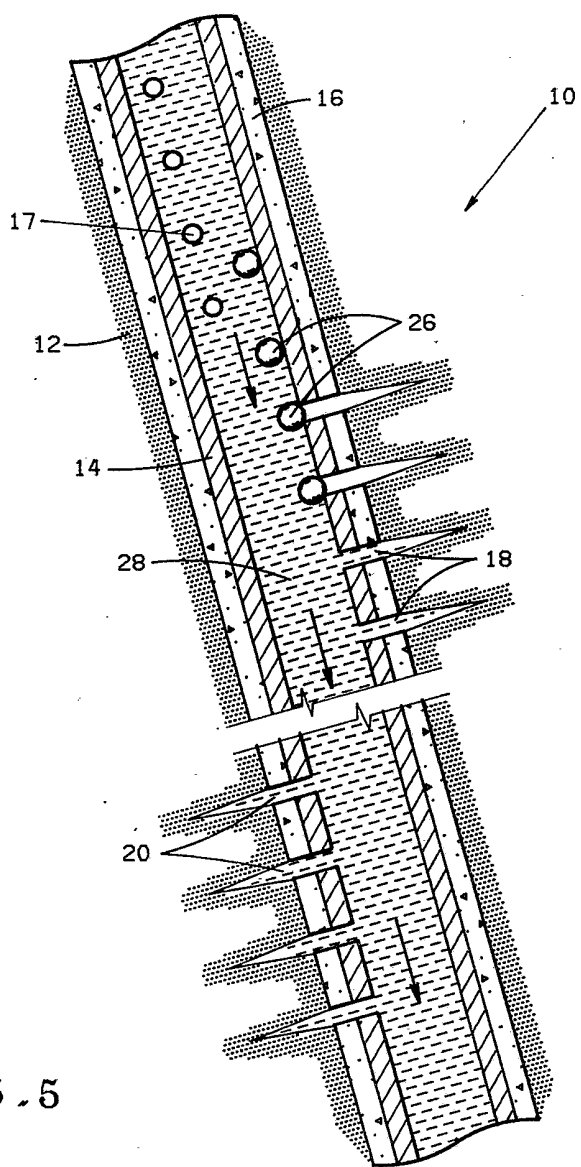


F16.2

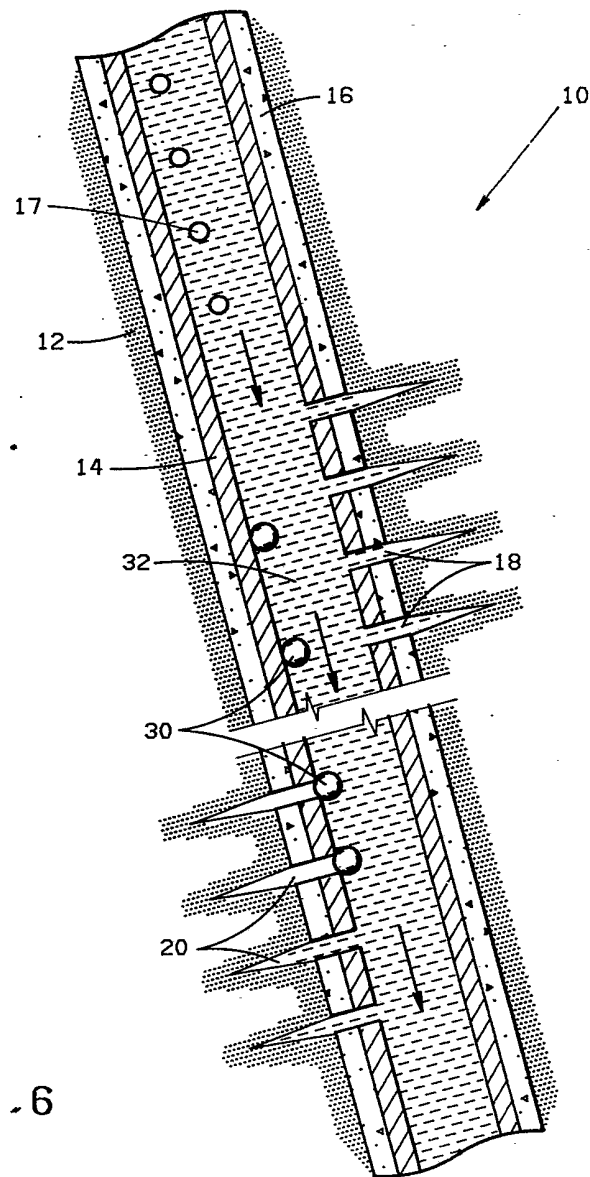
F16.3



F16.4



F16.5



F16.6