

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 866 212 A1**

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:

**23.09.1998 Bulletin 1998/39**(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **E21B 43/12, E21B 36/00**(21) Numéro de dépôt: **98400618.9**(22) Date de dépôt: **17.03.1998**

(84) Etats contractants désignés:

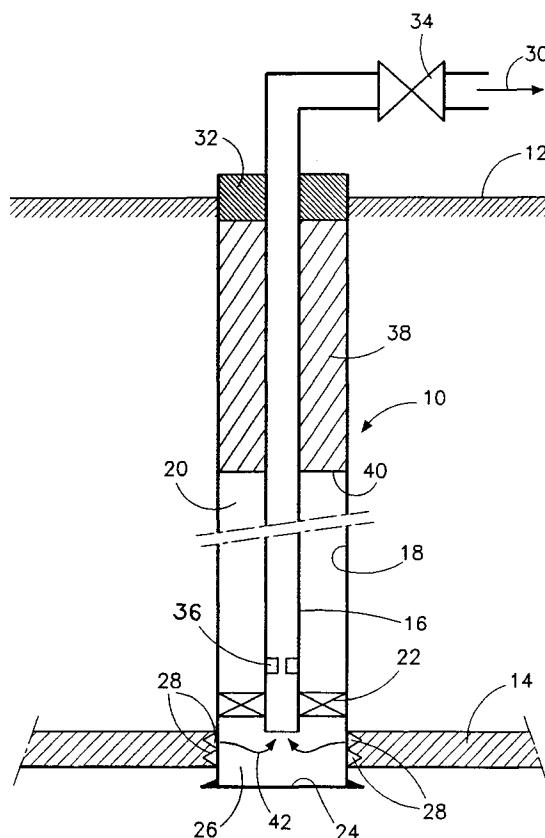
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE**

Etats d'extension désignés:

**AL LT LV MK RO SI**(30) Priorité: **18.03.1997 FR 9703300**(71) Demandeur: **Elf Exploration Production  
92400 Courbevoie (FR)**(72) Inventeur: **Beauquin, Jean-Louis  
64110 Saint-Faust (FR)**(74) Mandataire: **Timoney, Ian Charles Craig  
Elf Exploration Production  
Département Propriété Industrielle  
Tour Elf  
EP/T/RD/DPI - Bureau 34 G 47  
92078 Paris La Défense Cedex (FR)****(54) Installation pour puits de production d'effluent**

(57) Installation pour puits de production d'effluent comprenant un tubage (16) disposé dans le puits (10) et formant une voie d'écoulement pour l'effluent entre une couche de roche réservoir (14) et une sortie (30), le tubage (16) comportant une duse (36) destinée à pro-

voquer une détente de l'effluent s'écoulant dans le tubage, et définissant avec la paroi (18) du puits un espace annulaire (20). Selon l'invention, l'installation comprend, de plus, un manchon isolant (38), dans l'espace annulaire, s'étendant sur une partie de la profondeur du puits.

**EP 0 866 212 A1**

## Description

La présente invention se rapporte à une installation pour puits pétrolier et, plus particulièrement à une telle installation destinée à améliorer les conditions d'écoulement des effluents entre le fond et la surface, quelque soit le sens de cet écoulement.

La présente invention concerne également un procédé de canalisation d'un effluent contenant une forte proportion de gaz libre ou dissout dans le liquide, et plus particulièrement à un tel procédé de canalisation dans un puits pétrolier destiné à améliorer l'écoulement de l'effluent entre le fond et la surface.

Tout au long du chemin qu'ils parcourent, dans le cas d'un puits de production pétrolière, depuis le réservoir pétrolifère jusqu'au point de commercialisation en surface, l'état des effluents est caractérisé par trois paramètres d'état : la pression P, la température T, et deux paramètres dits "intensifs", et le volume V occupé par l'unité de masse d'effluent, encore appelé "volume massique" ou "volume spécifique".

Le comportement général des effluents est très lié aux valeurs simultanées de ces trois paramètres P, V et T. En fait, la combinaison de ces trois paramètres détermine la quantité et la qualité de chaleur détenue et véhiculée par la matière, autrement dit par, l'unité de masse d'effluent. Ainsi, le comportement physico-chimique d'un fluide, qui dépend de la quantité et de la qualité de la chaleur contenue par unité de masse du fluide, peut-il s'étudier à partir de ces trois paramètres, qui caractérisent à chaque instant l'état physique du fluide.

Or certains comportements physiques d'un fluide sont défavorables à son écoulement dans un conduit. Par exemple, la solidification ou la cristallisation de certains composants du fluide, ou d'une certaine proportion du fluide, entraîne des précipitations ou dépôts susceptibles de créer des perturbations de l'écoulement : obstruction du conduit, modification des rugosités de parois, restriction de diamètre, etc...

Citons par exemple le dépôt des paraffines qui sont une sorte de cire. Ces dépôts se forment du fait d'un déficit de chaleur contenue dans l'effluent, que l'on exprime par une température trop basse. On peut citer aussi le cas des hydrates, qui sont des cristaux combinant l'eau aux hydrocarbures légers et semblables à des cristaux de glace ; eux aussi se forme du fait d'un manque de chaleur, et la température en deçà de laquelle apparaissent ces cristaux augmente avec la pression du fluide.

Les dépôts de carbonates sont encore un autre exemple. Ces dépôts proviennent d'un excès soudain de carbonates dans le fluide (sursaturation). Cela survient au cours de l'écoulement dans le conduit à l'occasion d'un changement de la quantité et/ou de la qualité de la chaleur contenue dans l'effluent. En effet, un tel changement modifie les équilibres physico-chimiques qui auparavant permettaient à l'effluent de contenir la masse totale de ces éléments sous une forme dissoute

(sous-saturation).

Par exemple, les carbonates de calcium, communément appelés « le calcaire » sont connus pour se déposer lorsque la température de l'effluent atteint une certaine valeur à pression constante, ou que la pression diminue et la température reste élevée.

Les dépôts de sels sont aussi un exemple du même type. Ils apparaissent du fait de la vaporisation de l'eau. Ces éléments ioniques dissous dans l'eau ne pouvant devenir gazeux à la température de l'effluent, il restent dans la fraction de l'effluent qui est de l'eau liquide. De ce fait, plus cette fraction diminue, plus sa concentration en sels augmente, et ce jusqu'à saturation. Quand la concentration atteint un maximum, qui dépend de la température et de la pression, les sels précipitent sous forme de cristaux.

Or la vaporisation de l'eau provient d'une part d'un apport de chaleur, d'autre part d'un espace offert suffisant pour permettre l'expansion volumique du fluide. On peut, donc, dire que ces dépôts sont la conséquence d'une quantité et d'une qualité - ou forme - de la chaleur contenue dans l'effluent qui sont inappropriés au maintien sous forme dissoute (ou ionique) de la totalité des sels contenus dans l'effluent

De façon générale, l'apparition de dépôts le long d'un conduit modifie le régime hydraulique des écoulements, qui est d'une grande complexité du fait de la coexistence de multiples phases non miscibles entre elles : solides (sédiments, sels, dépôts...), eau, hydrocarbures liquides type « huile » ou « condensats », mélange de gaz et vapeurs...).

Mais les conséquences sur les écoulements de certains comportements physiques des effluents, tels que ceux décrits ci-dessus sont aussi fonction des caractéristiques du conduit, et en particulier de la pente de ce conduit par rapport à l'horizontale.

Ainsi l'apparition de solides peut-il conduire à l'obstruction partielle, voire totale, du conduit, ce qui dans le meilleur des cas, a pour conséquence d'augmenter les pertes de charge, c'est à dire la résistance à l'écoulement, et donc en général de provoquer une baisse de débit. Les phénomènes étant généralement cumulatifs, ils doivent être prévenus ou combattus d'une manière ou d'une autre pour éviter les pertes de production qui serait associées à un tel ralentissement du débit ou à une obstruction totale du conduit.

Notons au passage que le coût des actions préventives ou curatives dépend des procédés qui sont utilisés et a un impact sur la rentabilité des installations. Par exemple, on emploie souvent des produits chimiques pour prévenir ou traiter la formation de dépôts solides (hydrates, paraffines, carbonates, etc...). Ces produits sont souvent coûteux. Ils sont aussi parfois polluants et les installations d'injection et de traitement ou recyclage que ces procédés nécessitent sont également très coûteuses. Le fait de recourir à ces techniques constitue, donc, un handicap financier important qui nuit à la rentabilité des installations de production.

Concernant les liquides, la présence ou la formation de liquides par condensation dans le conduit peuvent avoir, à certaines proportions, un impact dramatique sur les écoulements, impact tantôt favorable, tantôt défavorable. En effet, selon le rapport des vitesses d'écoulement avec les autres phénomènes agissant sur chacune des phases de l'effluent, tels le poids, toujours dirigé vers le bas selon une verticale et proportionnel à la densité de chaque phase, ou encore la viscosité, un régime différent va s'établir. Par exemple, un débit faible dans un conduit large engendre une vitesse faible. Grâce à ce déplacement relativement calme peut avoir lieu au sein même du conduit la ségrégation des phases de densités nettement différentes. De ces ségrégations vont résulter des vitesses d'écoulement distinctes d'une phase à l'autre. On dit alors qu'il y a un glissement de phases. Cela engendre toujours des irrégularités de débit.

Ce processus constitue toujours une complication pour l'exploitant du conduit. Il rend difficiles et coûteux la surveillance et le contrôle des paramètres de l'écoulement (comptage de chaque phase, débits, pressions, températures, etc...). Il peut aussi engendrer des pertes de production importantes dues à des pertes de charges accrues. Il peut enfin radicalement interrompre la production en générant un blocage hydraulique ou hydrostatique du conduit, si une grande accumulation de liquide vient à se former au pied d'un tronçon pentu que l'effluent doit graver.

Très souvent rencontré dans les pipe-lines, au pied des plates-formes sur lesquelles les effluents doivent monter, ce phénomène affecte également les puits de pétrole ou de gaz, dont le débit naturel dépend directement du poids propre de la colonne d'effluent. Plus cette colonne comprend d'eau, ou de liquides, plus elle est lourde et plus la pesanteur ralentit le débit.

Sur les puits où le débit est relativement faible en regard du diamètre hydraulique du conduit, autrement dit où la vitesse d'écoulement est faible et permet donc les ségrégations de phases, des irrégularités de production, voire des arrêts sont chose courante. On dit que le puits « se noie » ou encore « souffre de self killing ». Pour remédier à ce problème, on peut agir sur deux axes :

- un premier axe relatif au comportement hydraulique de l'effluent dans le conduit visant à combattre le glissement relatif des phases dans le conduit, autrement dit les ségrégations par l'action de la pesanteur.
- un second axe relatif au comportement physico-chimique de l'effluent visant à prévenir ou soigner les processus à l'origine des perturbations ou dégradations des conditions d'écoulement.
- 

Concernant le premier axe relatif au comportement hydraulique de l'effluent dans le conduit, on vise donc à

combattre le glissement relatif des phases dans le conduit, autrement dit les ségrégations par l'action de la pesanteur. Pour cela, on peut augmenter les effets antagonistes, à savoir l'agitation de l'effluent qui s'écoule dans le conduit. Il faut, donc, augmenter sa vitesse globale. L'idéal pour cela pourrait être d'augmenter le débit. Mais ce n'est pas toujours possible, pour des motifs techniques ou stratégiques.

On peut aussi réduire le diamètre hydraulique du conduit. Mais cela est toujours très coûteux et sera souvent impossible compte tenu des investissements financiers nécessaires.

Une troisième possibilité existe et concerne le domaine de la présente invention. Il s'agit, pour un même débit de matière ou d'effluent - on dit alors « à débit massique constant » - d'augmenter la vitesse donc l'agitation de l'effluent en augmentant son volume spécifique V. Il suffit pour cela de provoquer une expansion de l'effluent par détente en le forçant à passer à travers une restriction de diamètre hydraulique plus ou moins étendue, éventuellement ponctuelle, par exemple un orifice calibré communément appelé duse, ou encore un organe de type hydro-éjecteur qui peut de plus exploiter ce passage à d'autres fins utiles, du type pompage de liquide par exemple. On peut aussi favoriser l'expansion de l'effluent en lui apportant de la chaleur, artificiellement ou naturellement. Par exemple, en limitant les déperditions de chaleur vers l'extérieur du conduit quand ce dernier traverse des zones plus froides que l'effluent, ainsi qu'en favorisant ou en activant les échanges de chaleurs naturels au droit des zones traversées par le conduit et qui sont plus chaudes que l'effluent. Or il se trouve justement, que dans certaines conditions de température et de pression, une expansion de l'effluent provoquée par son passage à travers une restriction provoque un refroidissement rapide, donc un appel éventuel de chaleur de sa part. Ce principe est le fondement du cycle thermodynamique des machines frigorifiques. Donc, une expansion de l'effluent, si elle peut avoir lieu, aura, dans ce cas, un effet doublement favorable pour accroître la vitesse de l'effluent et ainsi éviter les ségrégations nuisant à l'écoulement : une première expansion par détente dans la restriction du conduit, suivie d'une expansion supplémentaire par un apport calorifique facilité du fait de son refroidissement.

Il est alors intéressant de noter que, du même coup, cet apport calorifique, facilité ou activé par le refroidissement de l'effluent en écoulement vis à vis de son environnement immédiat, intervient aussi sur l'axe précédemment évoqué, relatif au comportement physico-chimique de l'effluent et visant à prévenir ou soigner les processus à l'origine des perturbations ou dégradations des conditions d'écoulement. En effet l'apport de chaleur ainsi permis, outre son impact favorable à la vitesse donc à l'hydraulique de l'écoulement, va également aider à prévenir l'apparition de dépôts, solides (cristallisations) ou liquides (condensations), cités précédemment comme résultant d'un déficit de chaleur contenu

dans l'effluent.

La présente invention a, donc, pour objet une installation pour puits de production d'effluent permettant de prévenir la formation d'hydrates dans le puits, tout en assurant, à la sortie du puits, une production d'effluent, dans des conditions de température et de pression optimales.

Pour répondre à cet objet, l'invention propose une installation pour production d'effluent comprenant un tubage disposé dans le puits et formant une voie d'écoulement pour l'effluent entre une couche de roche réservoir et une sortie, le tubage, comportant une duse destinée à provoquer une détente de l'effluent s'écoulant dans le tubage, et définissant avec la paroi du puits un espace annulaire caractérisée en ce qu'elle comprend, de plus, un manchon isolant, dans l'espace annulaire, s'étendant sur une partie de la profondeur du puits.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront à la lecture de la description suivante donnée, à titre explicatif mais non limitatif, en relation avec des dessins annexés sur lesquels la figure unique est une vue schématique d'une installation pour puits de production d'effluent, selon l'invention.

Comme représentée sur la figure, un puits 10, qui dans l'exemple illustré, est un puits de production d'effluent, par exemple du gaz, s'étend entre la surface 12 et une couche 14 de roche réservoir. Un tubage de production 16 est disposé dans le puits 10, de manière sensiblement coaxiale à la paroi 18 du puits, et définit avec celle-ci un espace annulaire 20. Un joint 22, plus communément appelé "packer", est disposé vers l'extrémité inférieure du puits et définit, avec le fond 24 du puits, une chambre 26 qui communique avec la couche 14 de roche réservoir par des perforations 28 formées dans la paroi 18 du puits. Le tubage de production 18 s'ouvre à son extrémité inférieure dans la chambre 26 et permet l'écoulement d'effluent, provenant de la couche 14 de roche réservoir, vers une sortie 30 à la surface. A l'extrémité supérieure du puits 10, le tubage 16 traverse une tête de puits, représentée schématiquement en 32. Une vanne 34 permet de contrôler l'écoulement de l'effluent par le tubage 18.

Vers son extrémité inférieure, par exemple en un point immédiatement au-dessus du joint 22, le tubage est muni d'une duse 36. Lors de son passage à travers la duse 36, l'effluent remontant par le tubage 18, subit une détente se traduisant par une baisse de sa température et pression.

Selon un premier aspect de l'invention, l'espace annulaire 20 comporte un manchon isolant 38 s'étendant de la surface 12 sur une partie de la profondeur du puits 10. Le manchon isolant 38 peut comprendre un liquide, par exemple du gazole, un solide, par exemple de la perlite, ou le vide. Dans un mode de réalisation préféré, le manchon isolant 38 est formé par un gel, de préférence un aérogel. De préférence l'aérogel est formé à partir d'un gel liquide introduit dans l'espace annulaire à partir de la surface. Ensuite, on remplace la phase li-

quide du gel par un solvant adapté au séchage du gel, par exemple du CO<sub>2</sub> sous forme liquide, qui est ensuite séché tout en le maintenant à une pression garantissant son état supercritique.

Dans le cas où le manchon isolant est constitué en créant le vide dans l'espace annulaire 20, sur une partie de sa profondeur, la limite inférieure 40 du manchon doit être définie par un liquide à faible tension de vapeur afin d'assurer la pérennité du vide. De préférence, la limite inférieure 40 est formée par une couche d'huile de faible profondeur déposée dans l'espace annulaire 20, le reste de la partie inférieure de cet espace 20 étant rempli d'eau.

La longueur du manchon isolant 40 dans l'espace annulaire est fonction des gradients de température dans la roche entourant le puits 10. La limite inférieure 40 du manchon doit se situer au point où la température ambiante devient inférieure à celle de l'effluent gazeux remontant par le tubage 16.

L'effluent gazeux, provenant de la couche 14 de roche réservoir 14, entre dans le tubage 16 dans le sens de flèches 42 et traverse la duse 36. Lors de ce passage de la duse, sa température et pression diminuent. Ensuite, comme sur la longueur du tubage 16 en dessous de la limite inférieure 40 du manchon 38, la température ambiante est supérieure à celle de l'effluent s'écoulant dans le tubage, la chaleur du milieu ambiant augmente la température de l'effluent. Cette augmentation de température réduit le risque de formation d'hydrates dans le tubage.

De préférence, la duse 36 est formée dans un sous-ensemble adapté à être installé dans le tubage par une intervention au câble, plus communément appelé "wire line". Ce type de sous-ensemble peut, en cas d'usure ou autre problème mécanique, être retiré du tubage par le même type d'intervention simple.

Lors d'un arrêt de production de l'effluent qui se prolonge, de l'eau, présente dans l'effluent, peut se condenser sur la paroi interne du tubage 16, puis couler le long de la paroi jusqu'à la duse 36 où elle s'accumule. Lors de la remise en production du puits, cette quantité d'eau présente immédiatement au-dessus de la duse peut ralentir ou freiner le passage de l'effluent à travers la duse. Dans certains cas, la quantité d'eau est telle qu'elle bloque complètement la duse, la pression de l'effluent n'étant pas suffisante pour déplacer l'eau. Dans de tels cas, le puits est irrévocablement perdu.

Afin de pallier ces inconvénients, et selon un deuxième aspect de l'invention, le sous-ensemble dans lequel est montée la duse 36 comprend une vanne à battant, bille ou chemise coulissante, du type appelé "storm choke". La construction de cette vanne est telle qu'elle ferme normalement le passage entre le tubage 16, en aval de la duse 36, et la chambre 26. Lorsqu'une quantité prédéterminée d'eau se trouve dans le tubage au-dessus de la duse 36, la vanne s'ouvre permettant à l'eau de s'écouler librement vers le fond du puits 24. Une fois que le tubage s'est vidé d'eau, la vanne se re-

ferme, et l'effluent peut de nouveau remonter à travers le duse 36.

L'installation selon la présente invention permet toutefois de garder un contrôle classique de l'écoulement de l'effluent par usage au moyen de la vanne 34. Ainsi, la duse 36 assure une première détente de l'effluent en fond de puits, suivie d'une détente finale à la surface, cette détente finale, modulable en commandant l'ouverture de la vanne 34, permet de gérer l'écoulement de l'effluent.

Dans les conduits ou les puits à fort débit, le problème est inverse :

Parfois la vitesse est trop élevée et affecte la performance de l'installation de production. Dans ce cas l'invention propose :

- de réduire le volume spécifique de l'effluent (contraction) en retirant de la chaleur,
- de favoriser la présence de liquides s'il s'agit d'un gaz sec dans un but de « lubrifier » la veine fluide et réduire ainsi les pertes de charges par friction qui sont, dans ce cas, le phénomène qui régit l'essentiel des pertes de charge dans le conduit.

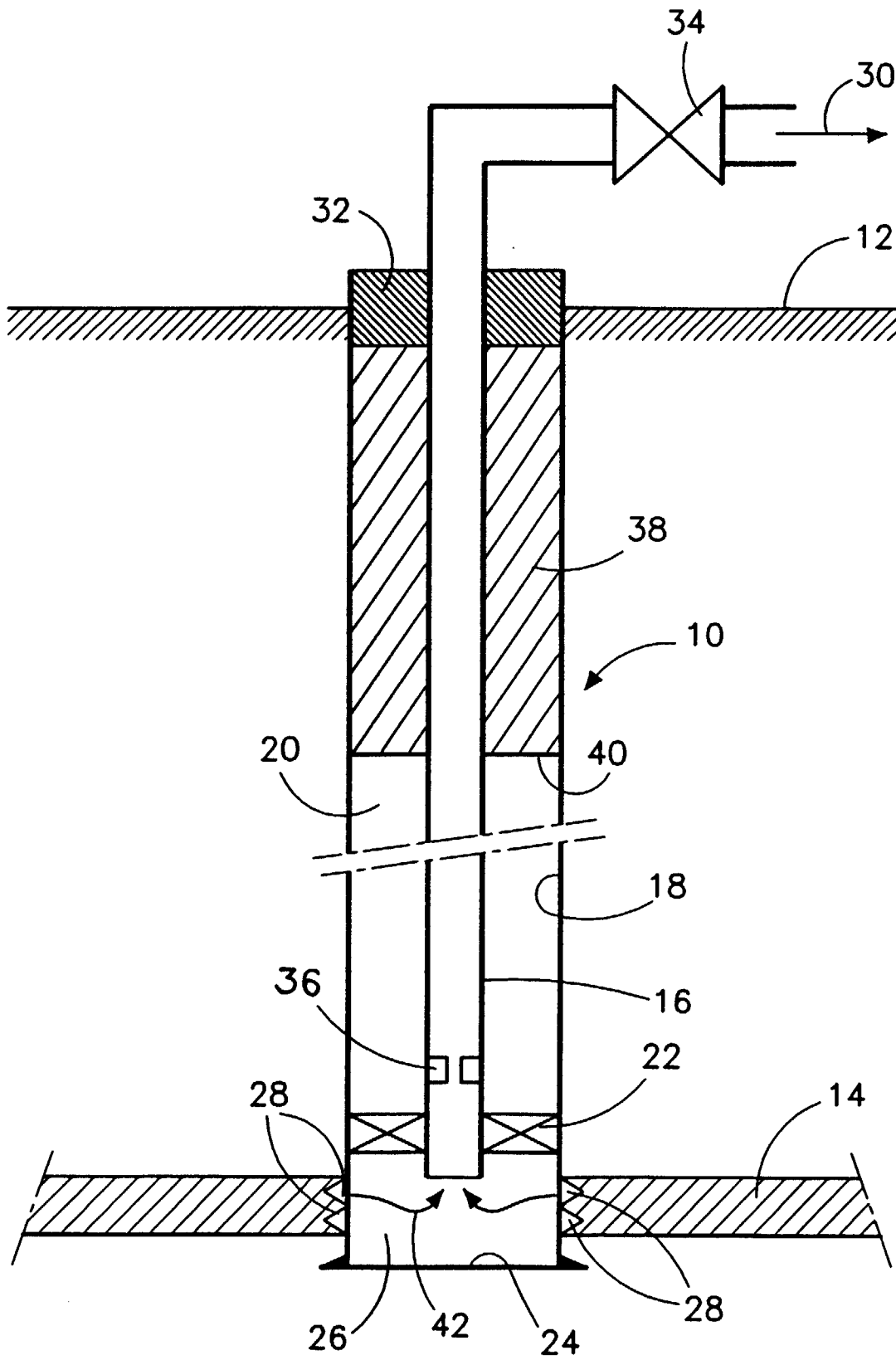
Pour réaliser cela, l'invention propose d'une part de favoriser les échanges de chaleur avec l'extérieur du conduit et d'autre part de limiter le plus possible l'expansion de l'effluent par détente et notamment par perte de charge.

La duse 36 peut être éventuellement ajustable ou réglable, par exemple électriquement ou hydrauliquement, à distance, par exemple depuis la surface. De manière alternative, la duse peut être commandée automatiquement en réponse à la pression ou le débit mesuré en amont ou en aval de la duse.

## Revendications

1. Installation pour puits de production d'effluent comprenant un tubage (16) disposé dans le puits (10) et formant une voie d'écoulement pour l'effluent entre une couche de roche réservoir (14) et une sortie (30), le tubage (16) comportant une duse (36) destinée à provoquer une détente de l'effluent s'écoulant dans le tubage, et définissant avec la paroi (18) du puits un espace annulaire (20) caractérisée en ce que l'installation comprend, de plus, un manchon isolant (38), dans l'espace annulaire, s'étendant sur une partie de la profondeur du puits.
2. Installation selon la revendication 1 caractérisée en ce que le manchon isolant (38) comprend un liquide.
3. Installation selon la revendication 1 caractérisée en ce que le manchon isolant (38) comprend un solide.

4. Installation selon la revendication 3 caractérisée en ce que le manchon isolant (38) comprend un gel.
5. Installation selon la revendication 4 caractérisée en ce que le gel est un aérogel.
6. Installation selon l'une des revendication 1 à 5 caractérisée en ce que la duse (38) est montée dans un sous-ensemble destiné à être monté dans le tubage au moyen d'une intervention au câble.
7. Installation selon la revendication 6 caractérisée en ce que le sous-ensemble comprend, de plus, une vanne à battant, bille ou chemise coulissante.





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 98 40 0618

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	US 1 961 280 A (CRITES) 5 juin 1934 * page 2, ligne 59 - ligne 77 * ----	1	E21B43/12 E21B36/00
A	EP 0 694 676 A (ELF AQUITAINE PRODUCTION) 31 janvier 1996 * colonne 3, ligne 47 - ligne 53 * * revendication 4 * ----	1	
A	US 4 296 814 A (STALDER) 27 octobre 1981 * abrégé * ----	1	
A	US 3 627 047 A (WILSON) 14 décembre 1971 * colonne 2, ligne 3 - ligne 7 * * colonne 2, ligne 65 - ligne 71 * ----	1	
A	US 3 120 267 A (BAYLESS) 4 février 1964 * colonne 2, ligne 44 - ligne 57 * ----	1	
A	US 5 128 052 A (BULLOCK) 7 juillet 1992 * colonne 4, ligne 46 - ligne 66 * * colonne 5, ligne 27 - ligne 36 * ----	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
A	US 4 258 791 A (BRANDT) 31 mars 1981 * abrégé * ----	1	E21B
A	US 3 719 601 A (JACOCKS) 6 mars 1973 * abrégé * ----	1	
A	US 4 509 599 A (CHENOWETH) 9 avril 1985 * colonne 7, ligne 20 - ligne 36 * -----	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>LA HAYE</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>26 juin 1998</b>	Examineur <b>Sogno, M</b>
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>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</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03 82 (P4/C02)