

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 13.02.98.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 20.08.99 Bulletin 99/33.

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

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : ELF EXPLORATION PRODUCTION
Société anonyme — FR.

⑦② Inventeur(s) : LEMETAYER PIERRE, FOUILLOUT
CHRISTIAN et CASAGRANDE MICHEL.

⑦③ Titulaire(s) :

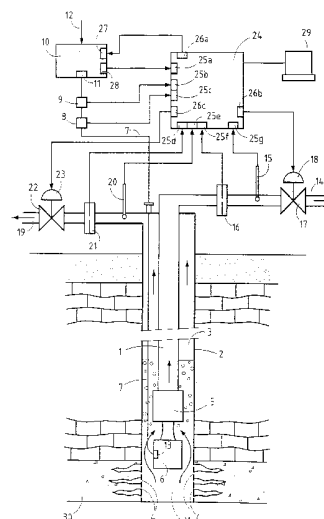
⑦④ Mandataire(s) :

⑤④ METHODE DE CONDUITE D'UN Puits DE PRODUCTION D'HUILE ET DE GAZ ACTIVE PAR UN SYSTEME DE
POMPAGE.

⑤⑦ L'invention concerne la production d'hydrocarbures
sous forme d'huile et de gaz, à partir d'un puits activé par un
système de pompage.

Selon l'invention, on conduit un puits de production d'hydrocarbures comprenant une pompe (5) immergée entraînée par un moteur (6) électrique, une duse (17) de sortie de l'huile et une duse (22) pour ventilation de gaz, en agissant au cours des différentes phases d'exploitation, séquentiellement ou simultanément sur lesdites duses et sur la vitesse du moteur (6) électrique. De plus en permanence, on contrôle le bon fonctionnement du puits et on vérifie que l'intensité absorbée par le moteur (6) ne franchit pas des seuils variables en fonction de la vitesse dudit moteur (6).

L'invention trouve son application dans l'industrie pétrolière.



DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne une méthode de conduite d'un puits
5 pétrolier de production d'huile et de gaz activé par un système de pompage immergé en fond de puits.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

10 Pour certains puits pétroliers, le débit de production d'hydrocarbures sous forme d'huile et de gaz est faible à cause de la faible pression qui règne dans le réservoir.

Afin d'augmenter la production des hydrocarbures on met en oeuvre de manière classique un procédé connu sous le nom de procédé à pompe électrique
15 immergée.

Selon ce procédé un système de pompage comprenant une pompe entraînée par un moteur électrique est placé en fond de puits, de manière à aspirer l'huile du réservoir d'hydrocarbures et à la refouler dans une colonne de production qui relie le fond du puits situé au niveau du réservoir, à la tête de puits
20 située à sa partie supérieure.

L'alimentation électrique du moteur est habituellement assurée par un variateur de fréquence qui permet de faire varier la vitesse de rotation de la pompe.

La colonne de production définit avec le tubage formant la paroi du
25 puits, un espace annulaire qui permet de ventiler l'excédent de gaz libre dans les conditions thermodynamiques du fond de puits.

A la partie supérieure du puits la colonne de production est reliée à une canalisation équipée d'une duse de sortie de l'huile et l'espace annulaire est prolongé par une autre canalisation équipée d'une duse pour ventilation de gaz.
30 Ces deux duses permettent respectivement de régler les débits de sortie de l'huile et de ventilation de gaz.

Une méthode de conduite d'un tel puits, décrite dans le brevet US 5,634,522, consiste à asservir le niveau mesuré auquel remonte l'huile dans l'espace annulaire, à une valeur de consigne prédéterminée, en agissant sur
35 l'ouverture de la duse de sortie de l'huile.

Il est également connu d'augmenter la vitesse du moteur linéairement en fonction du temps au cours de la phase de démarrage initial de la production et au cours d'un redémarrage après un arrêt.

De manière classique la protection du moteur électrique contre un échauffement excessif est assurée par un disjoncteur qui coupe l'alimentation électrique lorsque l'intensité absorbée dépasse une valeur fixe de seuil très haut.

5 Cette protection présente l'inconvénient de ne pas être efficace dans toutes les conditions de fonctionnement du puits. Par exemple à faible débit d'huile produite, l'intensité du moteur étant faible, l'échauffement par effet Joule est réduit, mais le refroidissement par l'huile qui circule dans le moteur est lui aussi faible. Dans ces conditions il peut résulter de la combinaison de ces deux effets opposés, une montée en température excessive du moteur sans que la
10 protection agisse puisque le seuil très haut d'intensité absorbée n'est pas dépassé. De telles montées en température entraînent des dégradations dans le temps du moteur et à terme conduisent à sa détérioration

D'autres phénomènes thermodynamiques, thermiques et hydrauliques peuvent conduire temporairement à un excès de gaz libre dans la pompe. Cet
15 excès de gaz peut dans certains cas conduire à des instabilités ou à un refroidissement insuffisant. Ces phénomènes qui ont une influence sur la longévité du moteur et de la pompe ne sont pas pris en compte par les méthodes de conduites connues.

Un autre inconvénient de ces méthodes connues est que toute
20 anomalie de fonctionnement conduit à l'arrêt de la production et à des redémarrages coûteux.

EXPOSE DE L'INVENTION

25 La présente invention a justement pour objet de remédier à ces inconvénients en proposant une méthode de conduite d'un puits pétrolier activé par un système de pompage à pompe électrique immergée, qui améliore la protection de la pompe et de son moteur électrique d'entraînement dans toutes les conditions de fonctionnement, qui réduit les effets des chocs thermiques et
30 hydrauliques, et qui assure la cohérence entre les réglages de l'alimentation du moteur électrique et les réglages des sorties de puits afin de minimiser les arrêts de production.

Grâce à l'invention la durée de vie du système de pompage est augmentée et le nombre d'interventions coûteuses pour réparation et des
35 redémarrages coûteux associés, est fortement réduit.

A cette fin l'invention propose une méthode de conduite d'un puits de production d'huile et de gaz activé par un système de pompage, comprenant, placés en fond de puits, une pompe immergée entraînée par un moteur électrique

absorbant un courant d'intensité connue, ledit puits comportant à sa partie supérieure une duse de sortie de l'huile et une duse pour ventilation de gaz, caractérisée en ce qu'elle comporte une phase de démarrage qui consiste à dérouler les étapes suivantes :

- 5 - une étape de préparation consistant à :
 - . agir sur la duse pour ventilation de gaz pour amener la pression en amont de ladite duse à une valeur de démarrage prédéterminée,
 - . agir sur la duse de sortie de l'huile pour amener la pression en amont de ladite duse à une valeur de démarrage prédéterminée,
- 10 . refermer la duse de sortie de l'huile,
 - . vérifier que, le moteur électrique étant non alimenté, l'état de la pompe est compatible avec un démarrage,
- une étape de mise en débit consistant à :
 - . alimenter progressivement le moteur jusqu'à ce que la pompe tourne à une
 - 15 vitesse minimale prédéterminée,
 - . vérifier après temporisation que la pression en amont de la duse de sortie de l'huile dépasse un seuil de remontée de pression prédéterminé,
 - . vérifier après temporisation que l'intensité absorbée par le moteur électrique dépasse un seuil prédéterminé,
 - 20 . laisser tourner la pompe si ces deux seuils sont dépassés sinon arrêter la pompe,
 - . augmenter progressivement l'ouverture de la duse de sortie de l'huile jusqu'à une valeur prédéterminée,
 - . attendre pendant une durée de stabilisation prédéterminée,
 - 25 . contrôler le bon fonctionnement en effectuant simultanément des vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur, et sur la production du puits au moyen d'au moins un indicateur de production.
 - . réguler la pression amont de la duse pour ventilation de gaz à la valeur de démarrage prédéterminée.
- 30 Selon une autre caractéristique de l'invention, la compatibilité de l'état de la pompe avec un démarrage comprend les vérifications suivantes :
 - que la pompe, étant rotative et équipée d'un capteur de sens de rotation, ne tourne pas en sens inverse de son sens normal de rotation,
 - que le délai entre deux tentatives successives de démarrage est supérieur à
 - 35 une valeur prédéterminée,
 - qu'après un nombre prédéterminé de tentatives de démarrage, pendant un temps prédéterminé, la tentative suivante n'intervient qu'après une durée prédéterminée.

Selon une autre caractéristique de l'invention, l'intensité absorbée par le moteur étant comparée à des seuils très haut et très bas indépendants de la vitesse du moteur, un franchissement d'un desdits seuils provoquant l'arrêt de la pompe, les vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur électrique pour

5 contrôler le bon fonctionnement consistent en plus à :

- comparer la valeur de ladite intensité à un seuil bas et en cas de franchissement du seuil et si la durée du franchissement est supérieure à une valeur prédéterminée, arrêter la pompe.
- vérifier, après une temporisation prédéterminée, la stabilité de ladite intensité et
- 10 en cas de détection d'une instabilité et si la durée de l'instabilité est supérieure à une valeur prédéterminée, arrêter la pompe.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les vérifications sur la production du puits consistent à prendre comme indicateur de production au moins une variable physique indicatrice du débit de sortie d'huile et à comparer la

15 valeur de ladite variable à un seuil prédéterminé, un dépassement étant considéré comme effectif lorsqu'il est continu pendant une durée prédéterminée et en cas de dépassement à arrêter la pompe.

Selon une autre caractéristique, après la phase de démarrage, en régime de production, l'invention consiste à exécuter simultanément les

20 opérations suivantes :

- augmenter la vitesse du moteur jusqu'à une valeur objectif prédéterminée,
- ouvrir la duse d'huile jusqu'à une valeur calculée en fonction de la valeur objectif de la vitesse du moteur,
- agir sur la duse pour ventilation de gaz pour maintenir la pression en amont de
- 25 ladite duse à une valeur calculée en fonction de la valeur objectif de la vitesse du moteur,
- puis contrôler le bon fonctionnement en effectuant des vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur et sur la production du puits au moyen d'indicateurs de production.

Selon une autre caractéristique de l'invention, l'ouverture de la duse de sortie de l'huile est calculée par application de la formule suivante :

$$Shuile = \alpha(V - V_{min}) + S_{min} \quad \text{si } V_{min} < V < V_{max}$$

dans laquelle :

Shuile représente l'ouverture de la duse de sortie de l'huile

35 V représente la valeur objectif de la vitesse du moteur électrique

α est une constante

Smin est une constante qui représente l'ouverture minimale de la duse de sortie de l'huile

Vmin et Vmax représentent respectivement les vitesses minimale et maximale du moteur,

α , Smin, Vmin et Vmax sont déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe et du moteur.

- 5 Selon une autre caractéristique de l'invention, la pression en amont de la duse pour ventilation de gaz est calculée par application de la formule suivante :

$$P_{\text{gaz}} = \beta(V - V_{\text{min}}) + P_0 \text{ si } V_{\text{min}} < V < V_{\text{max}}$$

dans laquelle

- 10 P_{gaz} représente la pression en amont de la duse pour ventilation de gaz,

V représente la valeur objectif de la vitesse du moteur électrique

β est une constante

P_0 est une constante

Vmin et Vmax représentent respectivement les vitesses minimale et maximale du

- 15 moteur,

α , P_0 , Vmin et Vmax sont déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe et du moteur.

Selon une autre caractéristique de l'invention, en régime de production, l'intensité absorbée par le moteur étant comparée à des seuils très haut et très

20 bas indépendants de la vitesse du moteur un franchissement d'un desdits seuils provoquant l'arrêt de la pompe, les vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur électrique pour contrôler le bon fonctionnement consistent en plus à :

- comparer la valeur de ladite intensité à des seuils hauts et bas variables en fonction de la vitesse du moteur,
- 25 - en cas de franchissement d'un seuil, réduire la vitesse et si le franchissement persiste, arrêter la pompe,
- vérifier la stabilité de ladite intensité et en cas de détection d'une instabilité, réduire la vitesse à une valeur prédéterminée et si la durée de l'instabilité est supérieure à une valeur prédéterminée, arrêter la pompe,

- 30 Selon une autre caractéristique de l'invention, en régime de production, les seuils hauts et bas variables en fonction de la vitesse sont calculés par application des formules suivantes :

$$I_{\text{haut}} = I_{N\text{min}} + \gamma.(V - V_{\text{min}}) + \Delta I \quad \text{si } V_{\text{min}} < V < V_{\text{max}}$$

$$I_{\text{bas}} = I_{N\text{min}} + \gamma.(V - V_{\text{min}}) - \Delta I \quad \text{si } V_{\text{min}} < V < V_{\text{max}}$$

- 35 dans lesquelles :

I_{haut} représente le seuil haut d'intensité absorbée par le moteur,

I_{bas} représente le seuil bas d'intensité absorbée par le moteur,

V représente la vitesse du moteur électrique,

INmin est une constante qui représente la valeur nominale minimale de l'intensité absorbée par le moteur,

Vmin et Vmax représentent respectivement les valeurs minimale et maximale de la vitesse du moteur déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe et du moteur,

γ et ΔI sont des constantes calculées pour chaque puits, à partir des caractéristiques du moteur,

Selon une autre caractéristique de l'invention, les vérifications sur la production du puits consistent à prendre comme indicateur de production au moins une variable physique indicatrice du débit de sortie d'huile et à comparer la valeur de ladite variable à au moins un seuil prédéterminé, un dépassement étant considéré comme effectif lorsqu'il est continu pendant une durée prédéterminée et en cas de dépassement à réduire la vitesse.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la variable physique indicatrice du débit de sortie d'huile est choisie dans le groupe constitué par une différence de pression créée par une restriction sur la sortie d'huile, le débit de gaz de ventilation, la pression en fond de puits en amont de la pompe, la pression en amont de la duse de sortie de l'huile et la température de sortie d'huile.

Selon une autre caractéristique, le puits étant équipé d'un dispositif de sécurité, l'invention consiste à fermer les duses de sortie de l'huile et pour ventilation de gaz et à arrêter le moteur immédiatement quand le dispositif de sécurité agit, pour renforcer ses propres actions.

L'invention a aussi pour objet une méthode de conduite d'un puits de production d'huile et de gaz activé par un système de pompage, comprenant placés en fond de puits, une pompe immergée entraînée par un moteur électrique absorbant un courant d'intensité connue, ledit puits comportant à sa partie supérieure une duse de sortie de l'huile et une duse pour ventilation de gaz, caractérisée en ce que, après une phase de démarrage, elle consiste à exécuter simultanément les opérations suivantes :

- augmenter la vitesse du moteur jusqu'à une valeur objectif prédéterminée,
- ouvrir la duse de sortie de l'huile jusqu'à une valeur calculée en fonction de la valeur objectif de la vitesse du moteur,
- agir sur la duse pour ventilation de gaz pour maintenir la pression en amont de ladite duse à une valeur calculée en fonction de la valeur de objectif de la vitesse du moteur,
- puis contrôler le bon fonctionnement en effectuant des vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur et sur la production du puits au moyen d'indicateurs de production.

Selon une autre caractéristique de l'invention, en régime de production, l'ouverture de la duse de sortie de l'huile est calculée par application de la formule suivante :

$$Shuile = \alpha(V - Vmin) + Smin \quad \text{si } Vmin < V < Vmax$$

5 dans laquelle :

Shuile représente l'ouverture de la duse de sortie de l'huile

V représente la valeur objectif de la vitesse du moteur électrique

α est un constante

10 Smin est une constante qui représente l'ouverture minimale de la duse de sortie de l'huile

Vmin et Vmax représentent respectivement les vitesses minimale et maximale du moteur,

α , Smin, Vmin et Vmax sont déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe et du moteur.

15 Selon une autre caractéristique de l'invention, la pression en amont de la duse pour ventilation de gaz est calculée par application de la formule suivante :

$$Pgaz = \beta(V - Vmin) + Po \quad \text{si } Vmin < V < Vmax$$

dans laquelle

20 Pgaz représente la pression en amont de la duse pour ventilation de gaz,

V représente la valeur objectif de la vitesse du moteur électrique

β est une constante

Po est une constante

25 Vmin et Vmax représentent respectivement les vitesses minimale et maximale du moteur,

α , Po, Vmin et Vmax sont déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe et du moteur.

30 Selon une autre caractéristique de l'invention, l'intensité absorbée par le moteur étant comparée à des seuils très haut et très bas indépendants de la vitesse du moteur et en cas de franchissement d'un desdits seuils la pompe étant arrêtée, les vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur électrique pour contrôler le bon fonctionnement consistent en plus à :

- comparer la valeur de ladite intensité à des seuils hauts et bas calculés en fonction de la vitesse du moteur,
- 35 - en cas de franchissement d'un seuil à réduire la vitesse et si le franchissement persiste à arrêter la pompe,

- vérifier la stabilité de ladite intensité et en cas de détection d'une instabilité, réduire la vitesse à une valeur prédéterminée et si la durée de l'instabilité est supérieure à une valeur prédéterminée arrêter la pompe à arrêter la pompe,

Selon une autre caractéristique de l'invention, les seuils hauts et bas

5 sont calculés par application des formules suivantes :

$$I_{\text{haut}} = I_{\text{Nmin}} + \gamma.(V - V_{\text{min}}) + \Delta I \quad \text{si } V_{\text{min}} < V < V_{\text{max}}$$

$$I_{\text{bas}} = I_{\text{Nmin}} + \gamma.(V - V_{\text{min}}) - \Delta I \quad \text{si } V_{\text{min}} < V < V_{\text{max}}$$

dans lesquelles :

I_{haut} représente le seuil haut d'intensité absorbée par le moteur,

10 I_{bas} représente le seuil bas d'intensité absorbée par le moteur,

V représente la vitesse du moteur électrique,

I_{Nmin} est une constante qui représente la valeur nominale minimale de l'intensité absorbée par le moteur,

15 V_{min} et V_{max} représentent respectivement les valeurs minimale et maximale de la vitesse du moteur déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe et du moteur ,

γ et ΔI sont des constantes calculées pour chaque puits, à partir des caractéristiques du moteur,

20 Selon une autre caractéristique de l'invention, les vérifications sur la production du puits consistent à prendre comme indicateur de production au moins une variable physique indicatrice du débit de sortie d'huile et à comparer la valeur de ladite variable à au moins un seuil prédéterminé, un dépassement étant considéré comme effectif lorsqu'il est continu pendant une durée prédéterminée et en cas de dépassement à réduire la vitesse.

25 Selon une autre caractéristique de l'invention, la variable physique indicatrice du débit de sortie d'huile est choisie dans le groupe constitué par une différence de pression créée par une restriction sur la sortie d'huile, le débit de gaz de ventilation, la pression en fond de puits en amont de la pompe, la pression en amont de la duse de sortie de l'huile, la température de sortie d'huile.

30 Selon une autre caractéristique, le puits étant équipé d'un dispositif de sécurité, l'invention consiste à fermer les duses de sortie de l'huile et pour ventilation de gaz et à arrêter le moteur immédiatement quand le dispositif de sécurité agit, pour renforcer ses propres actions.

35 BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

La figure 1 représente schématiquement un puits de production d'hydrocarbures sous forme d'huile et de gaz, activé par un système de pompage immergé.

La figure 2 représente la valeur des seuils hauts et bas sur l'intensité absorbée par le moteur en fonction de sa vitesse.

La figure 3 représente l'ouverture de la duse de sortie de l'huile en fonction de la vitesse du moteur.

La figure 4 représente la pression en amont de la duse pour ventilation de gaz en fonction de la vitesse du moteur.

La figure 5 est un chronogramme des tentatives de démarrage du moteur

EXPOSE DETAILLE DE L'INVENTION

D'une manière générale la méthode de l'invention est utilisée pour conduire un puits de production d'hydrocarbures activé par un système de pompage.

La figure 1 représente un puits de production d'hydrocarbures qui comprend :

- une colonne 1 de production, tubulaire, qui relie le fond 31 du puits situé au niveau du réservoir 30 d'hydrocarbures à la tête de puits située à la partie supérieure,
- un tube 2 concentrique à la colonne 1 qui chemise la paroi du puits et comporte à sa partie inférieure une pluralité d'ouvertures 4 par lesquelles les hydrocarbures passent du réservoir au fond 31 du puits,
- un espace 3 annulaire déterminé par la colonne 1 et le tube 2 par lequel est ventilé l'excédent de gaz libre dans les conditions thermodynamiques du fond de puits,
- une pompe 5 immergée dans les hydrocarbures contenus dans le fond 31 du puits, dont la sortie hydraulique est reliée à l'extrémité inférieure de la colonne 1 de production destinée à remonter les hydrocarbures,
- un moteur 6 électrique relié mécaniquement à la pompe 5 muni de bornes 13 d'alimentation,
- un variateur 10 de fréquence muni de bornes 11 de sortie, alimenté au moyen d'un câble 12 par un réseau électrique non représenté sur la figure 1,
- un câble 7 d'alimentation du moteur 6 électrique qui relie les bornes 11 de sortie du variateur 10 de fréquence aux bornes 13 d'alimentation du moteur 6,

- un capteur 8 de rotation inverse, placé sur le câble 7, qui délivre sur une sortie un signal électrique lorsque la pompe 5 tourne en sens inverse de son normal de rotation,

5 - un capteur 9 d'intensité, qui délivre sur une sortie un signal électrique représentatif de l'intensité absorbée par le moteur 6,

- une canalisation 14 de sortie d'huile reliée à la partie supérieure de la colonne 1 de production, par laquelle est acheminée l'huile produite vers une unité de traitement aval non représentée sur la figure 1,

10 - une duse 17 de sortie de l'huile montée sur la canalisation 14 destinée à régler le débit de l'huile produite,

- un actionneur 18 relié mécaniquement à la duse 17, muni d'une entrée de commande,

- un capteur 15 de pression amont de la duse 17 qui délivre sur une sortie un signal électrique proportionnel à ladite pression,

15 - un capteur 16 indicateur du débit d'huile dans la canalisation 14 comprenant une plaque à orifice insérée dans la canalisation 14 et un capteur de mesure de la pression différentielle créée par ladite plaque,

20 - une canalisation 19 pour ventilation de gaz reliée à la partie supérieure de l'espace annulaire 3 par laquelle est évacué l'excédent du gaz produit,

- une duse 22 pour ventilation de gaz montée sur la canalisation 19 destinée à régler le débit de gaz évacué par la canalisation 19,

- un actionneur 23 relié mécaniquement à la duse 22, muni d'une entrée de commande,

25 - un capteur 20 de pression amont de la duse 22,

- un capteur 21 de mesure du débit de gaz de ventilation,

30 - un automate 24 programmable, comportant une pluralité d'entrées 25a, 25b, 25c, 25d, 25e, 25f et 25g, reliées respectivement à la sortie 28 du variateur 10 de fréquence et aux capteurs 9, 8, 21, 20, 16, 15, ainsi qu'une pluralité de sorties 26a, 26b et 26c reliées respectivement à l'entrée 27 du variateur 10 de fréquence et aux entrées de commande des actionneurs 18 et 23,

- des moyens 29 de dialogue opérateur / automate 24.

35 L'automate 24 comporte en plus non représentée sur la figure 1 une mémoire préalablement chargée par un programme et par les données nécessaires à la conduite du puits, notamment toutes les valeurs prédéterminées des variables de réglage. Celles-ci étant introduites préalablement par un opérateur à partir des moyens 29 de dialogue automate / opérateur et modifiables en cours de production par les mêmes moyens 29.

Le variateur 10 de fréquence alimenté par le réseau électrique à fréquence fixe, délivre sur sa sortie de puissance 11 une tension électrique à fréquence variable modifiable par un signal appliqué sur son entrée 27. Il comporte également un contacteur-disjoncteur qui permet la mise sous et hors
5 tension du moteur 6, commandable par application d'un signal électrique sur son entrée 27 ledit signal étant émis par la sortie 26a de l'automate.

Le variateur 10 de fréquence délivre sur sa sortie 28 un signal représentatif de la fréquence de la tension appliquée au moteur 6 électrique. Ce signal appliqué à l'entrée 25a de l'automate permet à ce dernier de calculer la
10 vitesse du moteur 6.

La vitesse du moteur 6 électrique étant proportionnelle à la fréquence de sa tension d'alimentation, cette vitesse est commandable à partir de l'automate 24 par un signal délivré par la sortie 26a reliée à l'entrée 27 du variateur 10.

Le puits de production d'hydrocarbures comporte aussi non représenté
15 sur la figure 1, un dispositif de mise en sécurité raccordé par une sortie à une entrée de l'automate 24. Le dispositif de sécurité comprend des vannes de sectionnement montées sur la colonne 1 de production et sur l'espace 3 annulaire commandables par des modules électroniques qui réalisent des fonctions logiques de mise en sécurité du puits.

La méthode de l'invention consiste, pendant une phase de démarrage
20 du puits c'est à dire à la mise en production initiale ou pour un redémarrage après un arrêt en cours de production, à dérouler les étapes suivantes :

- une étape de préparation au cours de laquelle l'automate 24 :
 - . détermine, au moyen d'un algorithme de régulation, à partir du signal
25 délivré par le capteur 20 de pression amont de la duse 22 pour ventilation de gaz, une valeur de commande de l'actionneur 23 pour amener cette pression à une valeur de démarrage prédéterminée,
 - . détermine, au moyen d'un algorithme de régulation, à partir du signal
30 délivré par le capteur 15 de pression amont de la duse 17 de sortie de l'huile, une valeur de commande de l'actionneur 18 pour amener cette pression à une valeur de démarrage prédéterminée,
 - . délivre ensuite sur sa sortie 26b un signal de commande de l'actionneur 18 pour fermer la duse 17 de sortie de l'huile,
 - . vérifie ensuite que le moteur 6 électrique étant non alimenté l'état de la
35 pompe 5 est compatible avec un démarrage, sans risque de détérioration mécanique, c'est à dire que la pompe 5 est à l'arrêt ou tourne dans son sens normal de rotation qui permet de refouler vers le haut les hydrocarbures aspirés en fond de puits. Dans le cas contraire, si la pompe

- 5 tourne en sens inverse de son sens normal de rotation sous l'effet de la circulation naturelle d'hydrocarbures le signal délivré par le capteur 8 est interprété par l'automate comme une interdiction de démarrer le moteur 6.
- 5 . vérifie que le délai entre deux tentatives de démarrages successives est supérieur à une valeur T1 prédéterminée, pour éviter les échauffements excessifs. Pour cela, après chaque démarrage l'automate déclenche un compteur de temps dont il compare au démarrage suivant le contenu avec la valeur T1 prédéterminée à partir des recommandations du constructeur du moteur 6 et des conditions dans lesquelles il opère, cette valeur est
 - 10 mémorisée sous forme d'une donnée,
 - . vérifie qu'après un nombre $n = 3$, de tentatives de démarrage dans un temps T2 que la $n+1$ ième c'est à dire la quatrième tentative n'intervient pas avant un temps T3 de refroidissement du moteur. T1,T2 et T3 sont prédéterminés à partir des caractéristiques du moteur et sont représentés
 - 15 sur le chronogramme de la figure 5.
 - une étape de mise en débit au cours de laquelle l'automate 24 :
 - . délivre sur la sortie 26a un signal pour alimenter progressivement le moteur 6 jusqu'à ce que la pompe 5 tourne à une vitesse de démarrage prédéterminée,
 - 20 . vérifie après temporisation que la pression en amont de la duse de sortie de l'huile, mesurée au moyen du capteur 15 de pression, dépasse un seuil de remontée de pression prédéterminé,
 - . vérifie après temporisation que l'intensité absorbée par le moteur 6 mesurée par le capteur 9 dépasse un seuil prédéterminé,
 - 25 . laisse tourner la pompe 5 si ces deux seuils sont dépassés et dans le cas contraire arrête la pompe 5, en donnant un ordre d'arrêt au variateur 10 de fréquence,
 - . augmente progressivement l'ouverture de la duse 17 de sortie de l'huile jusqu'à une valeur prédéterminée,
 - 30 . attend pendant une durée de stabilisation prédéterminée,
 - . contrôle le bon fonctionnement du puits en effectuant simultanément des vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur 6, et sur la production du puits au moyen d'un indicateur de production.
 - . régule la pression amont de la duse 22 pour ventilation de gaz est régulée
 - 35 à la valeur de démarrage prédéterminée par action sur ladite duse.

En plus des vérifications habituellement effectuées qui consistent à comparer l'intensité absorbée par le moteur 6 à des valeurs de seuils très hauts et très bas indépendants de la vitesse du moteur,

En cas de franchissement du seuil l'automate arrête la pompe 5 en donnant les ordres adaptés au variateur 10 de fréquence.

L'automate vérifie aussi la stabilité de l'intensité absorbée par le moteur 6, afin de détecter des instabilités. Cette vérification consiste à s'assurer que
 5 l'intensité absorbée par le moteur 6 ne dépasse pas un nombre de fois déterminé des limites hautes et basses dans un temps donné. Ces différents paramètres sont déterminés en tenant compte des caractéristiques du moteur 6 et de la pompe 5.

En cas de détection d'une instabilité, l'automate arrête la pompe 5, en
 10 donnant les ordres adaptés au variateur 10 de vitesse.

Pour effectuer les vérifications sur la production du puits, l'automate 24 compare le débit de sortie d'huile mesuré par le capteur 16 relié à l'entrée 25f de l'automate, à une valeur de seuil déterminée expérimentalement. Un dépassement étant considéré comme effectif lorsqu'il est continu pendant une
 15 durée minimale, de manière à ne pas prendre en compte les dépassements fugitifs qui ne sont pas significatifs d'anomalies. En cas de dépassement l'automate donne un ordre d'arrêt de la pompe 5 au variateur de fréquence.

Ainsi grâce à l'invention au cours d'une phase de redémarrage du puits,
 20 la duse (17) de sortie de l'huile ne reste pas fermée ce qui conduirait à un échauffement excessif et un endommagement du moteur.

Après la phase de démarrage du puits, selon l'invention, l'automate 24 exécute simultanément les opérations suivantes :

- délivre sur sa sortie 26a un signal d'augmentation de la fréquence du variateur
 25 10, pour augmenter la vitesse du moteur 6 jusqu'à une valeur de vitesse objectif prédéterminée pour assurer un débit de production d'huile souhaité. Ce débit peut être fixé sous la forme d'une valeur introduite dans l'automate 24 ou modulé en fonction des conditions de fonctionnement de l'unité de traitement des hydrocarbures produits placée en aval du puits.

- 30 - délivre sur sa sortie 26b un signal de commande de l'actionneur 18 pour ouvrir la duse 17 de sortie d'huile jusqu'à une valeur fonction de la valeur objectif de vitesse, calculée par application de la formule suivante :

$$Shuile = \alpha(V - V_{min}) + S_{min} \quad \text{si } V_{min} < V < V_{max}$$

dans laquelle :

35 Shuile représente l'ouverture de la duse huile

V représente la valeur objectif de la vitesse du moteur 6 électrique

α est une constante

S_{min} est une constante qui représente l'ouverture minimale de la duse huile

Vmin et Vmax représentent respectivement les vitesses minimale et maximale du moteur,

α , Smin, Vmin et Vmax sont déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe et du moteur.

5 La figure 3 représente sous forme de la courbe 44 la valeur Shuile d'ouverture de la duse 17 de sortie de l'huile en fonction de la valeur objectif de la vitesse V du moteur 6.

- délivre sur sa sortie 26c un signal de commande de l'actionneur 23 pour maintenir la pression en amont de la duse 22 pour ventilation de gaz à une valeur fonction de la valeur de valeur objectif de vitesse, calculée par application de la formule suivante :

$$Pgaz = \beta(V - Vmin) + Po \text{ si } Vmin < V < Vmax$$

dans laquelle

Pgaz représente la pression en amont de la duse 22 pour ventilation de gaz mesurée par le capteur 20,

15 V représente la valeur objectif de la vitesse du moteur 6 électrique

β est une constante négative

Po est une constante.

20 Vmin et Vmax représentent respectivement les vitesses minimale et maximale du moteur,

β , Po, Vmin et Vmax sont déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe et du moteur.

25 La figure 4 représente sous forme de la courbe 45 la valeur Pgaz de la pression en amont de la duse 22 pour ventilation de gaz en fonction de la valeur objectif de la vitesse V du moteur 6.

- contrôle le bon fonctionnement du puits en effectuant simultanément des vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur 6, et sur la production du puits au moyen d'un indicateur de production.

30 Pour effectuer les vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur 6 électrique, l'automate compare la valeur de ladite intensité à des seuils hauts et bas fonction de la vitesse du moteur 6. Ces seuils sont calculés en appliquant les formules suivantes :

$$\begin{aligned} Ihaut &= INmin + \gamma.(V - Vmin) + \Delta I & \text{si } Vmin < V < Vmax \\ 35 \quad Ibas &= INmin + \gamma.(V - Vmin) - \Delta I & \text{si } Vmin < V < Vmax \end{aligned}$$

dans lesquelles :

Ihaut représente le seuil haut d'intensité absorbée par le moteur 6,

I_{bas} représente le seuil bas d'intensité absorbée par le moteur 6,

V représente la vitesse du moteur 6 électrique connue de l'automate par la valeur de la fréquence du variateur 10,

5 I_{Nmin} est une constante qui représente la valeur nominale minimale de l'intensité absorbée par le moteur 6,

V_{min} et V_{max} représentent respectivement les valeurs minimale et maximale de la vitesse du moteur déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe 5 et du moteur 6,

10 γ et ΔI sont des constantes calculées pour chaque puits, qui tiennent compte des caractéristiques du moteur 6 et de son refroidissement effectif par les hydrocarbures pompés.

La figure 2 représente sous forme de courbes 40 et 41 respectivement les valeurs I_{haut} et I_{bas} des seuils hauts et bas d'intensité absorbée par le moteur 6 en fonction de la vitesse V du moteur. Les intervalles 42 et 43 de variation de I 15 représentent respectivement ΔI et $-\Delta I$.

En cas de franchissement d'un seuil l'automate réduit la vitesse du moteur 6 à une valeur prédéterminée et si le franchissement persiste au delà d'une durée prédéterminée, arrête la pompe 5 en donnant un ordre au variateur 10 de fréquence.

20 L'automate vérifie aussi la stabilité de l'intensité absorbée par le moteur 6 pendant la phase qui suit le démarrage, afin de détecter des instabilités qui sont caractéristiques de variations rapides des conditions d'écoulement des hydrocarbures, dues par exemple à la présence d'une quantité excessive de gaz au niveau de la pompe, pouvant engendrer notamment des détériorations du 25 moteur 6 et de la pompe 5. Cette vérification consiste à s'assurer que l'intensité absorbée par le moteur 6 ne dépasse pas un nombre de fois déterminé une limite haute dans un temps donné. Ces différents paramètres sont déterminés en tenant compte des caractéristiques du moteur 6 et de la pompe 5.

30 En cas de détection d'une instabilité, l'automate réduit la vitesse du moteur 6 à une valeur prédéterminée et en cas de persistance de l'instabilité arrête la pompe 5, en donnant les ordres adaptés au variateur 10 de fréquence.

Pour effectuer les vérifications sur la production du puits, l'automate 24 compare le débit de sortie d'huile mesuré par le capteur 16 relié à l'entrée 25f de l'automate, à des valeurs de seuils hauts et bas prédéterminées. Un 35 franchissement d'un seuil étant considéré comme effectif, lorsqu'il est continu pendant une durée minimale, de manière à ne pas prendre en compte les dépassements fugitifs qui ne sont pas significatifs d'anomalies. En cas de

dépassement l'automate réduit la vitesse du moteur et donne un ordre d'arrêt de la pompe 5 au variateur de fréquence si le défaut persiste.

La méthode de l'invention consiste aussi à coordonner les actions de conduite avec les actions de mise en sécurité du puits. Lorsque le dispositif de mise en sécurité déclenche une suite d'actions de mise en sécurité il délivre simultanément un signal sur une sortie reliée à une entrée de l'automate 24. Ce dernier interprète ce signal et donne les ordres de fermeture des duses de sortie de l'huile et pour ventilation de gaz, d'arrêt du moteur 6 qui ont pour effet de renforcer les actions de mise en sécurité.

Un autre avantage de l'invention est la protection de la pompe contre une ouverture excessive ou trop longue de la duse de sortie de l'huile qui serait inadaptée aux caractéristiques de la pompe. Elle permet aussi le fonctionnement de la pompe en présence de gaz libre car elle garantit par ses actions de surveillance actives que les conditions de fonctionnement du puits sont acceptables.

Grâce à la méthode de l'invention le moteur est protégé contre les détériorations par échauffement dans toutes les conditions de fonctionnement en particulier à basse vitesse pendant les phases de démarrage et en cours de production du puits tout en permettant une production maximale d'hydrocarbures.

L'invention permet aussi de protéger les équipements du puits, particulièrement le moteur et la pompe, des chocs mécaniques et hydrauliques grâce aux actions simultanées sur les duses de sortie de l'huile et pour ventilation de gaz et sur la vitesse du moteur.

EXEMPLE

A titre d'exemple on trouvera ci-après les valeurs de paramètres utilisés pour la mise en oeuvre de la méthode de l'invention pour la conduite d'un puits de production d'hydrocarbures à partir d'un réservoir situé à 650 mètres de profondeur dont la pression statique en fond est de 50 bars. Ce puits équipé d'une colonne de production tubulaire de diamètre 114 mm entourée d'un tube concentrique de diamètre 244 mm est activé par un système de pompage, comprenant, placés en fond de puits, une pompe immergée comportant 36 étages, entraînée par un moteur électrique de 200 kW.

L'alimentation électrique du moteur est assurée par un variateur de fréquence de puissance 360kVA permettant une gamme de fonctionnement de 1 600 à 2 700 m³/jour d'hydrocarbures pompés, la fréquence du courant délivré étant comprise entre 47 et 61Hz qui correspondent à une vitesse minimale de 2 740 tr/mn et une vitesse maximale de 3 560 tr/mn.

L'intensité nominale du courant absorbé par le moteur est de 77 A à 50 Hz sous une tension de 2 000 V.

La vitesse objectif est égale à la vitesse maximale du moteur.

- 5 Après un redémarrage consécutif à un arrêt de production, au cours de l'étape de préparation de la phase de démarrage, la pression en amont de la duse de gaz ventilé est amenée à 20 bars et la pression en amont de la duse de sortie de l'huile à 17 bars.

Le délai minimum à respecter entre deux tentatives de démarrage successives est de 20 mn.

- 10 L'attente minimale après trois tentatives de démarrage dans un intervalle de temps de 120 mn, est de 60 mn.

Au cours de l'étape de mise en débit, la vitesse minimale atteinte par le moteur à l'issue de son alimentation progressive correspond à une fréquence d'alimentation de 47 Hz soit 2 740 tr/mn.

- 15 Le seuil de remontée de la pression amont de la duse de sortie de l'huile est de 20 bars et le seuil au dessus duquel doit se situer l'intensité absorbée par le moteur est de 36 A.

L'ouverture de la duse de sortie de l'huile, atteinte après son augmentation progressive est égale à 70%.

- 20 Le seuil bas auquel l'intensité absorbée par le moteur est comparée, pour effectuer la vérification sur ladite intensité pour contrôler le bon fonctionnement, est égal à 36 A.

- 25 La stabilité de l'intensité absorbée par le moteur est vérifiée en s'assurant que la valeur de ladite intensité ne dépasse pas à plus de cinq reprises pendant une minute sa valeur moyenne calculée sur intervalle de temps de 60 secondes, augmentée de 3 A.

L'indicateur de production choisi pour contrôler le bon fonctionnement étant une différence de pression sur un orifice, convertie en débit d'huile, le seuil auquel il est comparé est égal à 1 000 m³/jour.

- 30 La pression amont de la duse pour ventilation de gaz est réglée à la valeur de démarrage prédéterminée soit 20 bars.

Après la phase de démarrage, la vitesse du moteur est augmentée jusqu'à une valeur objectif qui est obtenue en réglant la fréquence du courant d'alimentation à 61 Hz soit 3 560 tr/mn.

- 35 Simultanément la duse de sortie de l'huile est ouverte jusqu'à une valeur calculée en fonction de la vitesse selon la formule suivante :

$$Shuile = \alpha (V - V_{min}) + S_{min} \quad \text{si } V_{min} < V < V_{max}$$

dans laquelle :

Shuile représente l'ouverture de la duse de sortie de l'huile

V représente la valeur objectif de la vitesse du moteur électrique

α est un constante égale à 0,036

5 Smin est une constante égale à 70% qui représente l'ouverture minimale de la duse de sortie de l'huile

Vmin = 2 740 tr/mn et Vmax = 3 560 tr/mn représentent respectivement les vitesses minimale et maximale du moteur,

On obtient ainsi Shuile = 100%

10 La position de la duse pour ventilation de gaz est réglée de manière à maintenir la pression en amont de ladite duse à une valeur, calculée selon la formule suivante en fonction de la vitesse du moteur :

$$Pgaz = \beta(V - Vmin) + Po \text{ si } Vmin < V < Vmax$$

dans laquelle

Pgaz représente la pression en amont de la duse pour ventilation de gaz,

15 V représente la valeur objectif de la vitesse du moteur électrique

β est une constante égale à -0,01

Po est une constante égale à 20 bars

Vmin = 2 740 tr/mn et Vmax = 3 560 tr/mn, représentent respectivement les vitesses minimale et maximale du moteur,

20 Les seuils sur l'intensité absorbée par le moteur électrique pour effectuer les vérifications sur cette intensité, sont calculés en appliquant les formules suivantes :

$$I_{haut} = INmin + \gamma.(V - Vmin) + \Delta I \quad \text{si } Vmin < V < Vmax$$

$$I_{bas} = INmin + \gamma.(V - Vmin) - \Delta I \quad \text{si } Vmin < V < Vmax$$

25

dans lesquelles :

Ihaut représente le seuil haut d'intensité absorbée par le moteur,

Ibas représente le seuil bas d'intensité absorbée par le moteur ,

V représente la vitesse du moteur électrique en tr/mn,

30 INmin = 40 A représente la valeur nominale minimale de l'intensité absorbée par le moteur,

Vmin = 3 560 tr/mn et Vmax = 3 560 tr/mn représentent respectivement les valeurs minimale et maximale de la vitesse du moteur déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe et du moteur,

35 $\gamma = 0,034$ et $\Delta I = 4$ A sont des constantes calculées pour le puits considéré, qui tiennent compte des caractéristiques du moteur et de son refroidissement effectif par les hydrocarbures pompés.

La stabilité de l'intensité absorbée par le moteur est vérifiée en s'assurant que la valeur de ladite intensité ne dépasse pas à plus de cinq reprises pendant une minute sa valeur moyenne calculée sur intervalle de temps de 60 secondes, augmentée de 3 A comme dans la phase de démarrage.

- 5 Lorsque la vitesse objectif est atteinte l'indicateur de production converti en débit d'huile est comparé aux seuils de 2 400 et 3 000 m³/jour.

- 10 La valeur à laquelle la vitesse est réduite en cas de franchissement d'un seuil pour le contrôle de bon fonctionnement est égale à la valeur de la vitesse correspondante à la fréquence du courant d'alimentation égale à 47 Hz soit 2 740 tr/mn.

Pendant et après la phase de démarrage les seuil très haut et très bas indépendants de la vitesse du moteur sont égaux respectivement à 80 A et 36 A.

REVENDEICATIONS

- 1- Méthode de conduite d'un puits de production d'huile et de gaz activé par un système de pompage, comprenant, placés en fond de puits, une pompe (5) immergée entraînée par un moteur (6) électrique absorbant un courant d'intensité connue, ledit puits comportant à sa partie supérieure une duse (17) de sortie de l'huile et une duse (22) pour ventilation de gaz, caractérisée en ce qu'elle comporte une phase de démarrage qui consiste à dérouler les étapes suivantes :
- 10 - une étape de préparation consistant à :
- . agir sur la duse (22) pour ventilation de gaz pour amener la pression en amont de ladite duse à une valeur de démarrage prédéterminée,
 - . agir sur la duse (17) de sortie de l'huile pour amener la pression en amont de ladite duse à une valeur de démarrage prédéterminée,
 - 15 . refermer la duse (17) de sortie de l'huile,
 - . vérifier que, le moteur (6) électrique étant non alimenté, l'état de la pompe (5) est compatible avec un démarrage,

20 - une étape de mise en débit consistant à :

 - . alimenter progressivement le moteur (6) jusqu'à ce que la pompe (5) tourne à une vitesse minimale prédéterminée,
 - . vérifier après temporisation que la pression en amont de la duse (17) de sortie de l'huile dépasse un seuil de remontée de pression prédéterminé,
 - . vérifier après temporisation que l'intensité absorbée par le moteur (6) électrique dépasse un seuil prédéterminé,
 - 25 . laisser tourner la pompe(5) si ces deux seuils sont dépassés sinon arrêter la pompe(5),
 - . augmenter progressivement l'ouverture de la duse (17) de sortie de l'huile jusqu'à une valeur prédéterminée,
 - 30 . attendre pendant une durée de stabilisation prédéterminée,
 - . contrôler le bon fonctionnement en effectuant simultanément des vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur (6), et sur la production du puits au moyen d'au moins un indicateur de production,
 - . réguler la pression amont de la duse pour ventilation de gaz à la valeur de démarrage prédéterminée.

35
- 2- Méthode selon la revendication 1 caractérisée en ce que la compatibilité de l'état de la pompe (5) avec un démarrage comprend les vérifications suivantes :

- que la pompe (5), étant rotative et équipée d'un capteur (8) de sens de rotation, ne tourne pas en sens inverse de son sens normal de rotation,
- que le délai entre deux tentatives successives de démarrage est supérieur à une valeur (T1) prédéterminée,
- 5 - qu'après un nombre (n) prédéterminé de tentatives de démarrage, pendant un temps (T2) prédéterminé la tentative suivante n'intervient qu'après une durée (T3) prédéterminée.
- 3- Méthode selon la revendication 1 caractérisée en ce que l'intensité absorbée par le moteur (6) étant comparée à des seuils très haut et très bas
- 10 indépendants de la vitesse du moteur (6), un franchissement d'un desdits seuils provoquant l'arrêt de la pompe (5), les vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur (6) électrique pour contrôler le bon fonctionnement consistent en plus à :
- 15 - comparer la valeur de ladite intensité à un seuil bas et en cas de franchissement du seuil et si la durée du franchissement est supérieure à une valeur prédéterminée, arrêter la pompe (5).
- 20 - vérifier, après une temporisation prédéterminée, la stabilité de ladite intensité et en cas de détection d'une instabilité et si la durée de l'instabilité est supérieure à une valeur prédéterminée, arrêter la pompe (5).
- 4- Méthode selon la revendication 1 caractérisée en ce que les vérifications sur la production du puits consistent à prendre comme indicateur de production au moins une variable physique indicatrice du débit de sortie d'huile et à
- 25 comparer la valeur de ladite variable à un seuil prédéterminé, un dépassement étant considéré comme effectif lorsqu'il est continu pendant une durée prédéterminée et en cas de dépassement à arrêter la pompe (5).
- 5- Méthode selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisée en ce que après la phase de démarrage, elle consiste à exécuter simultanément les opérations suivantes :
- 30 - augmenter la vitesse du moteur (6) jusqu'à une valeur objectif prédéterminée,
- 35 - ouvrir la duse de sortie de l'huile jusqu'à une valeur calculée en fonction de la valeur objectif de la vitesse du moteur (6),
- 35 - agir sur la duse (22) pour ventilation de gaz pour maintenir la pression en amont de ladite duse à une valeur calculée en fonction de la valeur objectif de la vitesse du moteur (6),

- puis contrôler le bon fonctionnement en effectuant des vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur (6) et sur la production du puits au moyen d'indicateurs de production.

- 5 6- Méthode selon la revendication 5 caractérisée en ce que l'ouverture de la duse (17) de sortie de l'huile est calculée par application de la formule suivante :
- $$\text{Shuile} = \alpha(V - V_{\min}) + S_{\min} \quad \text{si } V_{\min} < V < V_{\max}$$
- dans laquelle :
- Shuile représente l'ouverture de la duse (17) de sortie de l'huile
- 10 V représente la valeur objectif de la vitesse du moteur (6) électrique
- α est une constante
- $S_{\min}$ est une constante qui représente l'ouverture minimale de la duse (17) de sortie de l'huile
- 15 $V_{\min}$ et $V_{\max}$ représentent respectivement les vitesses minimale et maximale du moteur (6),
- α , $S_{\min}$, $V_{\min}$ et $V_{\max}$ sont déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe (5) et du moteur (6).
- 20 7- Méthode selon la revendication 5 caractérisée en ce que la pression en amont de la duse (22) pour ventilation de gaz est calculée par application de la formule suivante :
- $$\text{Pgaz} = \beta(V - V_{\min}) + P_o \quad \text{si } V_{\min} < V < V_{\max}$$
- dans laquelle
- Pgaz représente la pression en amont de la duse (22) pour ventilation de gaz,
- 25 V représente la valeur objectif de la vitesse du moteur (6) électrique
- β est une constante
- P_o est une constante
- $V_{\min}$ et $V_{\max}$ représentent respectivement les vitesses minimale et maximale du moteur (6),
- 30 α , P_o , $V_{\min}$ et $V_{\max}$ sont déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe (5) et du moteur (6).
- 35 8- Méthode selon la revendication 5 caractérisée en ce que l'intensité absorbée par le moteur (6) étant comparée à des seuils très haut et très bas indépendants de la vitesse du moteur (6) un franchissement d'un desdits seuils provoquant l'arrêt de la pompe (5), les vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur (6) électrique pour contrôler le bon fonctionnement consistent en plus à :

- comparer la valeur de ladite intensité à des seuils hauts et bas variables en fonction de la vitesse du moteur (6),
- en cas de franchissement d'un seuil, réduire la vitesse et si le franchissement persiste, arrêter la pompe (5),
- 5 - vérifier la stabilité de ladite intensité et en cas de détection d'une instabilité, réduire la vitesse à une valeur prédéterminée et si la durée de l'instabilité est supérieure à une valeur prédéterminée, arrêter la pompe (5),
- 9- Méthode selon la revendication 8 caractérisée en ce que les seuils hauts et
- 10 bas variables en fonction de la vitesse sont calculés par application des formules suivantes :

$$I_{\text{haut}} = I_{N\text{min}} + \gamma \cdot (V - V_{\text{min}}) + \Delta I \quad \text{si } V_{\text{min}} < V < V_{\text{max}}$$

$$I_{\text{bas}} = I_{N\text{min}} + \gamma \cdot (V - V_{\text{min}}) - \Delta I \quad \text{si } V_{\text{min}} < V < V_{\text{max}}$$
 dans lesquelles :
- 15 I_{haut} représente le seuil haut d'intensité absorbée par le moteur (6),
 I_{bas} représente le seuil bas d'intensité absorbée par le moteur (6),
 V représente la vitesse du moteur (6) électrique,
 $I_{N\text{min}}$ est une constante qui représente la valeur nominale minimale de l'intensité absorbée par le moteur (6),
- 20 V_{min} et V_{max} représentent respectivement les valeurs minimale et maximale de la vitesse du moteur (6) déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe (5) et du moteur (6) ,
 γ et ΔI sont des constantes calculées pour chaque puits, à partir des caractéristiques du moteur (6).
- 25 10- Méthode selon la revendication 5 caractérisée en ce que les vérifications sur la production du puits consistent à prendre comme indicateur de production au moins une variable physique indicatrice du débit de sortie d'huile et à comparer la valeur de ladite variable à au moins un seuil prédéterminé, un dépassement étant considéré comme effectif lorsqu'il est continu pendant
- 30 une durée prédéterminée et en cas de dépassement à réduire la vitesse.
- 11- Méthode selon la revendication 4 ou 10 caractérisée en ce que la variable physique indicatrice du débit de sortie d'huile est choisie dans le groupe constitué par une différence de pression créée par une restriction sur la sortie d'huile, le débit de gaz de ventilation, la pression en fond de puits en
- 35 amont de la pompe (5), la pression en amont de la duse (17) de sortie de l'huile et la température de sortie d'huile.
- 12- Méthode selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 caractérisée en ce que le puits étant équipé d'un dispositif de sécurité, elle consiste à fermer

les duses (17 et 22) de sortie de l'huile et pour ventilation de gaz et à arrêter le moteur (6) immédiatement quand le dispositif de sécurité agit.

- 13- Méthode de conduite d'un puits de production d'huile et de gaz activé par un système de pompage, comprenant placés en fond de puits, une pompe (5) immergée entraînée par un moteur (6) électrique absorbant un courant d'intensité connue, ledit puits comportant à sa partie supérieure une duse (17) de sortie de l'huile et une duse (22) pour ventilation de gaz, caractérisée en ce que, après une phase de démarrage, elle consiste à exécuter simultanément les opérations suivantes :
- augmenter la vitesse du moteur (6) jusqu'à une valeur objectif prédéterminée,
 - ouvrir la duse (17) de sortie de l'huile jusqu'à une valeur calculée en fonction de la valeur objectif de la vitesse du moteur (6),
 - agir sur la duse (22) pour ventilation de gaz pour maintenir la pression en amont de ladite duse à une valeur calculée en fonction de la valeur objectif de la vitesse du moteur (6),
 - puis contrôler le bon fonctionnement en effectuant des vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur (6) et sur la production du puits au moyen d'indicateurs de production.
- 14- Méthode selon la revendication 13 caractérisée en ce que l'ouverture de la duse (17) de sortie de l'huile est calculée par application de la formule suivante :
- $$Shuile = \alpha(V - Vmin) + Smin \quad \text{si } Vmin < V < Vmax$$
- dans laquelle :
- Shuile représente l'ouverture de la duse (17) de sortie de l'huile
- V représente la valeur objectif de la vitesse du moteur (6) électrique
- α est une constante
- Smin est une constante qui représente l'ouverture minimale de la duse (17) de sortie de l'huile
- Vmin et Vmax représentent respectivement les vitesses minimale et maximale du moteur (6),
- α , Smin, Vmin et Vmax sont déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe (5) et du moteur (6).
- 15- Méthode selon la revendication 13 caractérisée en ce que la pression en amont de la duse (22) pour ventilation de gaz est calculée par application de la formule suivante :
- $$Pgaz = \beta(V - Vmin) + Po \quad \text{si } Vmin < V < Vmax$$
- dans laquelle :

Pgaz représente la pression en amont de la duse (22) pour ventilation de gaz,

V représente la valeur objectif de la vitesse du moteur (6) électrique,

β est une constante

5 Po est une constante

Vmin et Vmax représentent respectivement les vitesses minimale et maximale du moteur (6),

α , Po, Vmin et Vmax sont déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe (5) et du moteur (6).

10 16- Méthode selon la revendication 13, caractérisée en ce que l'intensité absorbée par le moteur (6) étant comparée à des seuils très haut et très bas indépendants de la vitesse du moteur (6) et en cas de franchissement d'un desdits seuils la pompe (5) étant arrêtée, les vérifications sur l'intensité absorbée par le moteur (6) électrique pour contrôler le bon fonctionnement

15 consistent en plus à :

- comparer la valeur de ladite intensité à des seuils hauts et bas calculés en fonction de la vitesse du moteur (6),

- en cas de franchissement d'un seuil réduire la vitesse et si le franchissement persiste arrêter la pompe (5),

20 - vérifier la stabilité de ladite intensité et en cas de détection d'une instabilité, réduire la vitesse à une valeur prédéterminée et si la durée de l'instabilité est supérieure à une valeur prédéterminée arrêter la pompe (5).

25 17- Méthode selon la revendication 16, caractérisée en ce que les seuils hauts et bas sont calculés par application des formules suivantes :

$$I_{\text{haut}} = I_{N\text{min}} + \gamma \cdot (V - V_{\text{min}}) + \Delta I \quad \text{si } V_{\text{min}} < V < V_{\text{max}}$$

$$I_{\text{bas}} = I_{N\text{min}} + \gamma \cdot (V - V_{\text{min}}) - \Delta I \quad \text{si } V_{\text{min}} < V < V_{\text{max}}$$

dans lesquelles :

Ihaut représente le seuil haut d'intensité absorbée par le moteur (6),

30 Ibas représente le seuil bas d'intensité absorbée par le moteur (6),

V représente la vitesse du moteur (6) électrique,

INmin est une constante qui représente la valeur nominale minimale de l'intensité absorbée par le moteur (6),

35 Vmin et Vmax représentent respectivement les valeurs minimale et maximale de la vitesse du moteur (6) déterminées à partir des caractéristiques du puits, de la pompe (5) et du moteur (6) ,

γ et ΔI sont des constantes calculées pour chaque puits, à partir des caractéristiques du moteur (6).

- 18- Méthode selon la revendication 13 caractérisée en ce que les vérifications sur la production du puits consistent à prendre comme indicateur de production au moins une variable physique indicatrice du débit de sortie d'huile et à comparer la valeur de ladite variable à au moins un seuil prédéterminé, un dépassement étant considéré comme effectif lorsqu'il est continu pendant une durée prédéterminée et en cas de dépassement à réduire la vitesse.
- 5
- 19- Méthode selon la revendication 18 caractérisée en ce que la variable physique indicatrice du débit de sortie d'huile est choisie dans le groupe constitué par une différence de pression créée par une restriction sur la sortie d'huile, le débit de gaz de ventilation, la pression en fond de puits en amont de la pompe (5), la pression en amont de la duse (17) de sortie de l'huile, la température de sortie d'huile.
- 10
- 20- Méthode selon l'une quelconque des revendications 13 à 19 caractérisée en ce que, le puits étant équipé d'un dispositif de sécurité, elle consiste à fermer les duses (17 et 22) de sortie de l'huile et pour ventilation de gaz et à arrêter le moteur (6) immédiatement quand le dispositif de sécurité agit.
- 15

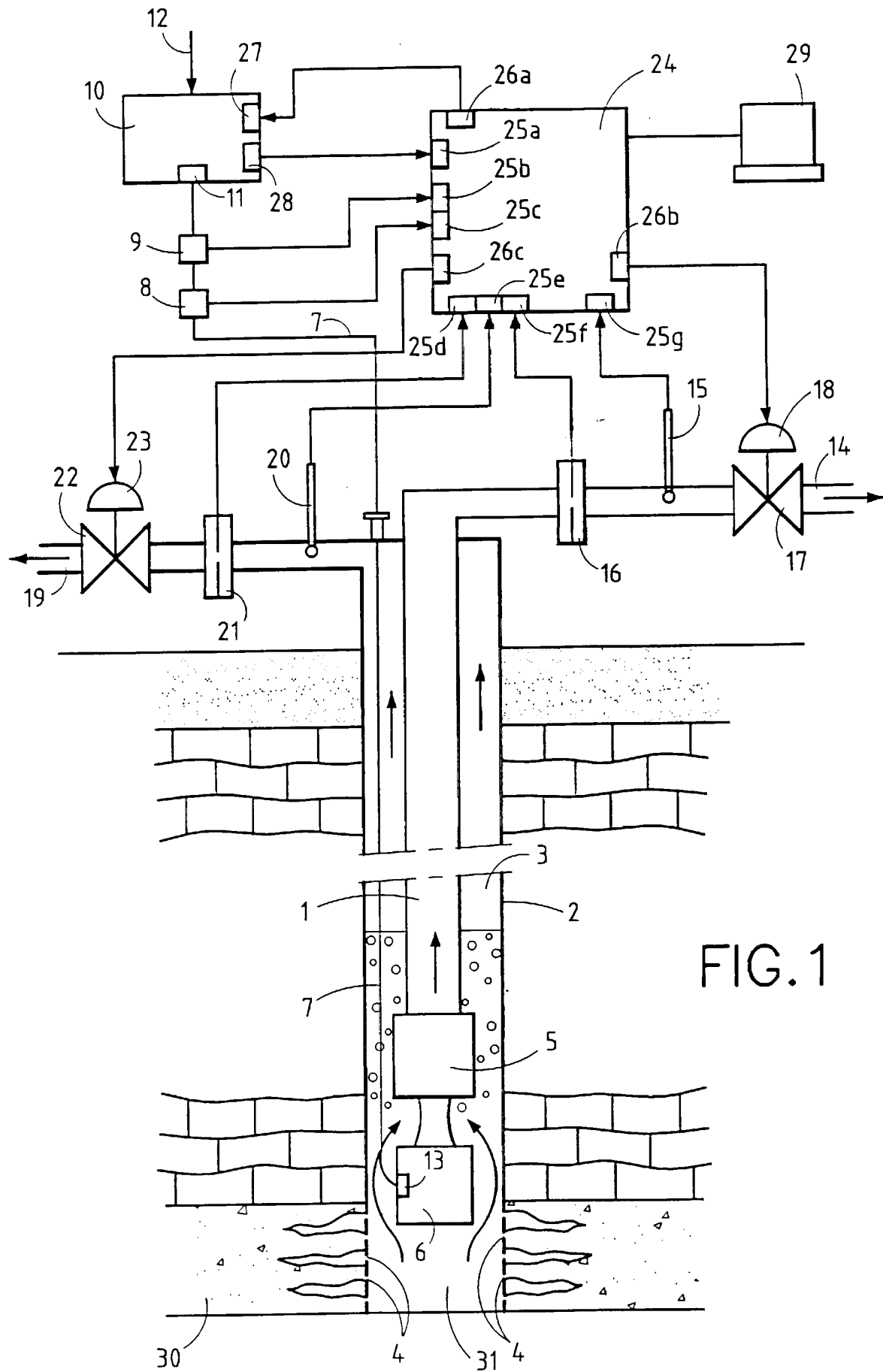
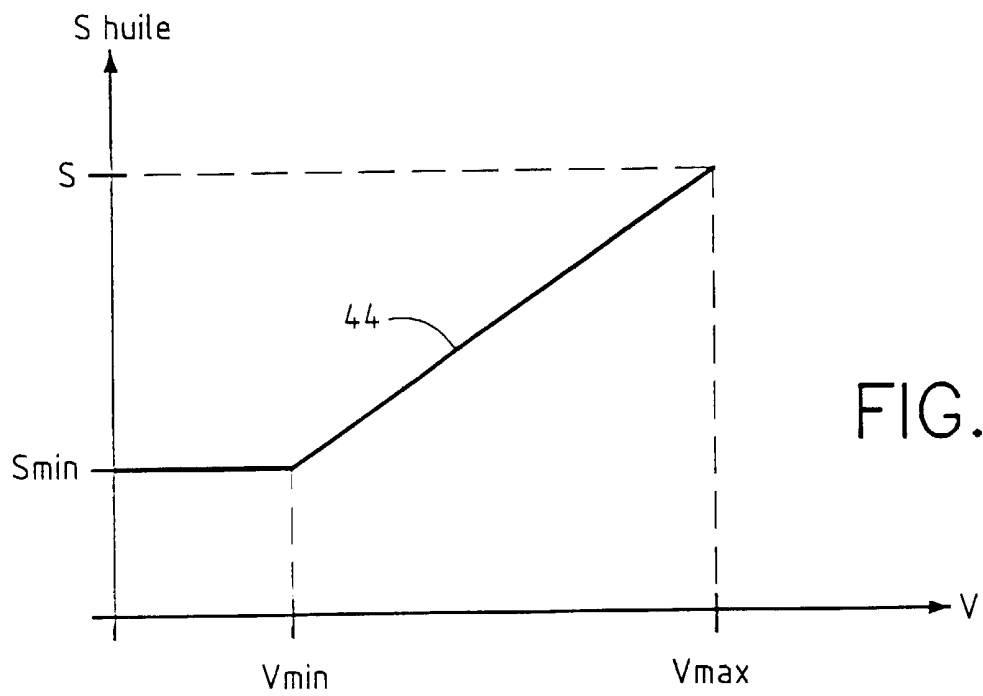
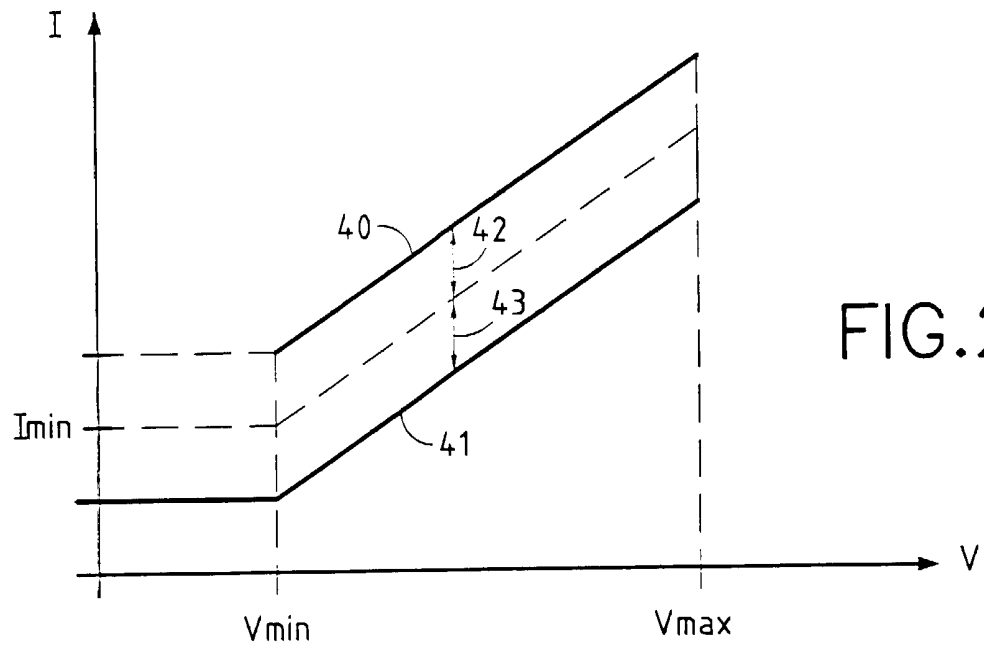


FIG. 1

2/3



3/3

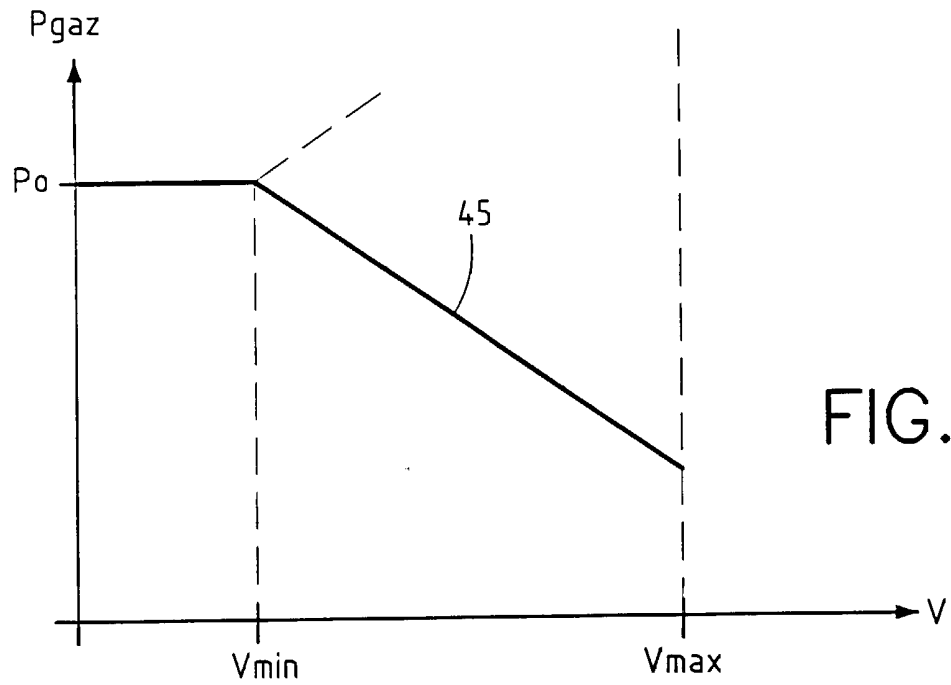


FIG.4

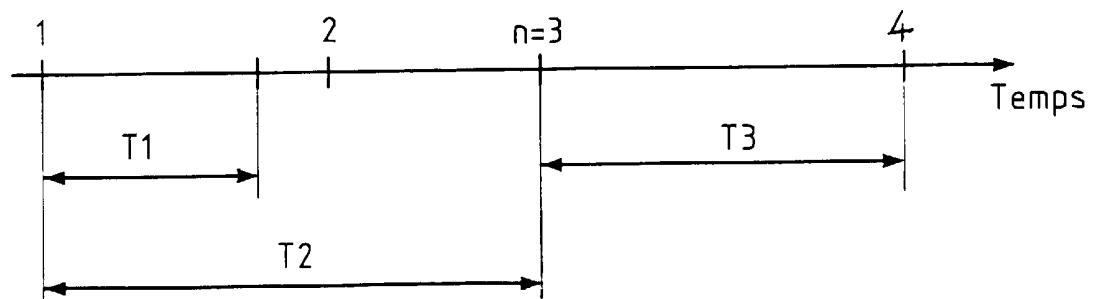


FIG.5

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 554590
FR 9801782

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
D,A	US 5 634 522 A (HERSHBERGER) 3 juin 1997 -----	1,13
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		E21B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
22 octobre 1998		Rampelmann, K
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général 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		