

ROYAUME DU MAROC  
-----  
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIÉTÉ (19)  
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE  
-----



المملكة المغربية  
-----  
المكتب المغربي  
للملكية الصناعية و التجارية  
-----

## (12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 28993 B1** (51) Cl. internationale : **G01V 3/18**  
(43) Date de publication : **01.11.2007**

---

(21) N° Dépôt : **29819**

(22) Date de Dépôt : **11.04.2007**

(30) Données de Priorité : **13.10.2004 NO 20044358**

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/NO2005/000380 13.10.2005**

(71) Demandeur(s) : **GEOCONTRAST AS, Munkedamsveien 45 A, Vika Atrium NO-0250 Oslo (NO)**

(72) Inventeur(s) : **SJØLIE, Jan ; DVERGSTEN, Dag, Ø., Jr.**

(74) Mandataire : **CABINET AKSIMAN**

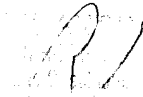
---

(54) Titre : **PROCEDE DE SURVEILLANCE DE RESERVOIRS D'HYDROCARBURES**

(57) Abrégé : L'INVENTION PORTE SUR UN PROCÉDÉ QUI PERMET DE SURVEILLER UNE OU PLUSIEURS PROPRIÉTÉS DE RÉSERVOIRS D'HYDROCARBURES EN INJECTANT UN OU DES FLUIDES TRACEURS DANS AU MOINS UN TROU DE FORAGE. LE FLUIDE D'INJECTION POSSÈDE UNE RÉSISTIVITÉ DIFFÉRENTE DE CELLE DE LA FORMATION ET/OU DES FLUIDES DE LA FORMATION OU BIEN POSSÈDE LA CAPACITÉ DE MODIFIER LA RÉSISTIVITÉ DE LA FORMATION ET/OU DES FLUIDES DE LA FORMATION. ON PROCÈDE À UNE CARTOGRAPHIE DE LA RÉSISTIVITÉ POUR SURVEILLER LA ZONE DE RÉSISTIVITÉ MODIFIÉE CRÉÉE PAR LE OU LES FLUIDES TRACEURS ET, DE CETTE MANIÈRE, COMPRENDRE LES PROPRIÉTÉS DE DISTRIBUTION DES FLUIDES ET LEUR TRAJECTOIRE D'ÉCOULEMENT À L'INTÉRIEUR DU RÉSERVOIR.

**ABREGE**

5 L'invention porte sur un procédé qui permet de surveiller une ou plusieurs  
propriétés de réservoirs d'hydrocarbures en injectant un ou des fluides  
traceurs dans au moins un trou de forage. Le fluide d'injection possède une  
résistivité différente de celle de la formation et/ou des fluides de la formation  
ou bien possède la capacité de modifier la résistivité de la formation et/ou des  
10 fluides de la formation. On procède à une cartographie de la résistivité pour  
surveiller la zone de résistivité modifiée créée par le ou les fluides traceurs et,  
de cette manière, comprendre les propriétés de distribution des fluides et leur  
trajectoire d'écoulement à l'intérieur du réservoir.

  
2005 (12 22) 31 04 13  
2005 (12 22) 31 04 13

**PROCEDE DE SURVEILLANCE DE RESERVOIRS D'HYDROCARBURES**

5 La présente invention a trait à un tracé géophysique des propriétés physiques de la subsurface. Plus particulièrement, la présente invention consiste à injecter des fluides traceurs dans le but de surveiller la distribution et la migration postérieures du traceur dans un réservoir rempli par un hydrocarbure comme moyen pour étudier les propriétés et le contenu liquide de, et le mouvement du liquide dans le réservoir.

10 La capacité de la formation géologique à favoriser le passage des fluides dépend de la taille des pores, de leur connectivité (perméabilité) et des propriétés du fluide. La perméabilité efficace dépend également des saturations relatives des divers fluides dans les pores. Dans les réservoirs d'hydrocarbures, la perméabilité affecte le trajectoire d'écoulement des fluides de la formation et fluides injectés respectivement dans le réservoir. Il est primordial de connaître les perméabilités du réservoir pour optimiser les stratégies de production.

15 Plusieurs essais ont été réalisés pour tracer le débit de fluide dans le réservoir en utilisant des traceurs placés dans des puits d'injection et détectés pendant la production. Le brevet américain n° 6.645.769 décrit cette technologie. L'utilisation de ces méthodes est restreinte par le fait que les traceurs peuvent 20 uniquement être détectés dans le puits de production et au moins deux puits doivent être forés.

D'autres méthodes proposent l'utilisation des propriétés acoustiques des fluides d'injection afin de tracer leur distribution spatiale à travers le temps 25 (brevets américains nos. 4.479.204 ; 4.969.130 ; 5.586.082 ; 6, 438,069). De telles méthodes sont restreintes par le fait que les propriétés acoustiques ne sont pas toujours considérées comme mesure fiable de la composition liquide.

L'objectif de la présente invention est de surmonter les problèmes qui se posent au niveau des méthodes mentionnées ci-dessus en injectant le fluide(s) 30 traceur dans un réservoir d'hydrocarbure qui peut être détecté par les techniques de mesure de résistivité comme moyen d'étudier les propriétés et le contenu liquide, et le mouvement liquide dans le réservoir. Le ou les fluides traceurs peuvent être un fluide quelconque ayant une conductivité différente à 35 celle des fluides du réservoir.

La méthode est utilisée pour surveiller et étudier les propriétés et/ou l'étendue géométrique d'une formation géologique et/ou des fluides dans cette dernière. La méthode consiste à injecter du fluide ou des fluides dans au moins un trou 40 de forage. Ce fluide ou ces fluides injectés auront une résistivité qui va contraster avec la formation géologique et/ou les fluides de la formation et/ou va modifier la résistivité de la formation ou des fluides de la formation. Les changements qui résultent de l'injection du fluide ou des fluides seront tracés en utilisant les techniques de traçage de résistivité. Plusieurs techniques de 45 traçage de résistivité sont disponibles à cet effet. Dans l'étape finale, les données sont interprétées.

Les techniques générales de traçage de résistivité sont décrites par exemple par les brevets américains sous nos. 4.617.518, 4.633.182; 5.770.945 ; 6.603.313 ; 6.842.006 et 6.717.411. Des études de résistivité intermittentes à distance ont été précédemment utilisées pour les études environnementales et d'ingénierie 8Loke, M.H 1999 : (Etudes à formation d'images électriques pour les études environnementales et d'ingénierie). Le traçage des solutions conductrices/résistives injectées a été utilisé dans l'évaluation des modèles d'écoulement d'eaux souterraines (Aaltonen, J. 2001 : contrôle du sol à travers les mesures de résistivité dans les terrains glaciaires; Parc, S. 1998 : Migration du liquide dans la zone non saturée en eau par l'inversion 3D des données de surveillance de résistivité; (brevet américain sous n° 5, 825,188). Une méthode pour le traçage des surfaces combinées et des puits de forage pour des objectifs de surveillance du réservoir est décrite par le brevet américain sous n° 6.739, 165. Un équipement de surveillance intermittent de résistivité est décrit dans le brevet WO 03/023452. Une description plus générale des études de résistivité à distance appropriées pour le traçage d'un fluide conducteur/résistif injecté est présentée par Kaufman et Hoekstra (Kaufman A. A., et Hoekstra, P., 2001 : Sondages électromagnétiques. Elsevier).

Les techniques utilisées pour le traçage de la résistivité de la formation, des fluides de la formation et/ou du fluide(s) injecté peuvent être à distance, directes ou une combinaison des deux. Elles peuvent être appliquées dans le domaine fréquentiel ou le domaine temporel. Les méthodes peuvent inclure, mais sans s'y limiter, la réalisation du traçage de la résistivité en utilisant des méthodes électromagnétiques, magnétotellurique, galvaniques à source contrôlée, ou n'importe quelle combinaison de ces derniers. Les données peuvent être rassemblées par un levé aérien, des mesures basées à terre et/ou des mesures basées en mer. La collecte des données peut également être entreprise dans la subsurface en utilisant des détecteurs placés dans un ou plusieurs trous de forage. La source du champ électromagnétique, électrique ou magnétique peut être aéroportée, basée à terre ou en mer ou placé dans le trou de forage. Le trou de forage et/ou le blindage de puits peut également être utilisé en tant que source, ou partie de source. Toute combinaison de source et de l'emplacement du récepteur est éventuellement possible.

Le traceur est un fluide d'injection avec une résistivité électrique qui contraste avec la formation et/ou fluides de la formation. Le fluide ou les fluides d'injection peuvent également être capable de modifier la résistivité de la formation ou des fluides de la formation par des moyens biologiques, chimiques ou physiques. La résistivité du fluide ou des fluides injectés peut être modifiée à travers le temps afin de permettre le traçage du mouvement liquide avec la formation.

La distribution du liquide injecté à un temps précis ou à intervalles est détectée et tracée en utilisant des techniques de traçage de résistivité à distance et/ou directes bien connues dans la géophysique. La résistivité électrique est un paramètre qui dépend fortement du type du liquide. Le traçage de résistivité a été utilisé pour la prospection d'hydrocarbure comme il est décrit dans les brevets américains 4.617.518; 4.633.182 ; 6.603.313 ;

5.770.945 ; 6.842.006 et 6.717.411. Son utilisation pour des objectifs de surveillance du réservoir est décrite dans le brevet américain 6.739.165.

5 La méthode peut être utilisée une fois au moins un trou de forage a été forée dans la formation. La méthode peut inclure des observations de résistivité sur la formation avant l'injection, bien que ce ne soit pas essentiel. En outre le fluide ou les fluides injectés ou le mélange des fluides injectés et des fluides de la formation peut être enflammé. En traçant la résistivité une fois ou à intervalles choisis pendant et/ou après l'injection, la trajectoire d'écoulement  
10 du fluide ou des fluides injectés et par conséquent la structure de perméabilité et le contenu fluide de la formation peuvent être déterminés. La résistivité ou d'autres propriétés du ou des fluides traceurs injectés peuvent être modifiés avec le temps.

15 Le procédé de surveillance et de réalisation de traçage de résistivité peut impliquer le traitement, la migration, la modélisation et/ou l'inversion des données. Des données intermittentes peuvent être traitées par une inversion jointe et/ou un traitement joint des données de résistivité rassemblées à différents intervalles.

20 Les données sismiques, gravimétriques, magnétiques et autres données géophysiques, outre les données géologiques, les données de production, de modelage de réservoir et de simulation de réservoir peuvent également être utilisées en combinaison quelconque avec les mesures de résistivité pour  
25 tracer la distribution du fluide ou des fluides injectés ou de ses effets d'altération. Cela suppose l'utilisation des données avant, pendant et/ou après le traçage de résistivité.

30 Il est bien connu que les relevés sismiques ne réussissent pas à détecter les propriétés et la distribution des liquides, tandis que ces propriétés sont mieux détectées par les études de résistivité. L'approche de traçage selon l'invention présente ainsi des avantages considérables en comparaison avec les méthodes existantes.

35 Les utilisations de l'invention incluent :

- 1) la surveillance de la distribution du liquide dans un réservoir d'hydrocarbure, avant et pendant la production.
- 2) l'évaluation du contenu fluide (y compris la saturation) la structure de  
40 porosité et de perméabilité d'un réservoir rempli d'hydrocarbure ou d'un réservoir similaire.

### **Exemple**

45 Un exemple d'une utilisation type de la présente invention serait dans la production d'hydrocarbure pour des objectifs de récupération assistée. Dans ce cas, le fluide d'injection pourrait être, mais sans s'y limiter, des solutions de l'acide chlorhydrique (HCl) et/ou le sodium chlorure (NaCl) dans l'eau qui est très conducteur. L'injection de ce fluide(s) traceur dans un réservoir donne un  
50 contraste élevé de résistivité en ce qui concerne les formations environnantes et les hydrocarbures dans le réservoir. Ces contrastes de résistivité peuvent être identifiés en utilisant les méthodes appropriées de traçage de résistivité, y

compris celles existantes. Par exemple il est possible d'utiliser le sondage électromagnétique à source contrôlée où une antenne horizontale doublet et un ensemble de récepteurs de champ électromagnétique sont placés sur le fond océanique ou selon une autre configuration appropriée quelconque de configuration d'acquisition. De même, le contraste de résistivité peut être identifié en plaçant une ou plusieurs antennes doublets et/ou un ou plusieurs récepteurs dans des puits. Il existe un certain nombre de différentes configurations qui ont le potentiel d'identifier les contrastes de résistivité et l'idée est flexible à différentes installations. En étudiant la propagation du ou des fluides traceurs, il est possible d'estimer les paramètres du réservoir, y compris les mouvements des hydrocarbures, du contenu liquide, la perméabilité, la porosité etc. Il peut y avoir d'autres avantages de l'injection du ou des fluides traceurs tel qu'une meilleure récupération à travers la perméabilité et la porosité secondaires améliorées.

5

10

15

20

25

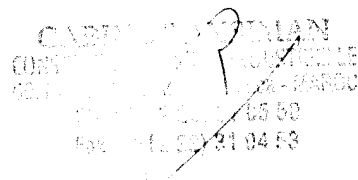
30

35

40

45

50



**REVENDEICATIONS**

- 5 1. Une méthode pour la surveillance d'une ou de plusieurs propriétés d'un réservoir d'hydrocarbure avec au moins un trou de forage caractérisée par le fait que la méthode comporte les étapes suivantes:
- 10 L'injection dans au moins un trou de forage d'un fluide traceur ayant une résistivité différente de la résistivité de la formation et/ou du ou des fluides traceurs de la formation et/ou possède la capacité de modifier la résistivité de la formation et/ou du fluide ou des fluides de la formation ;  
Le contrôle à distance dans l'océan ou sur terre de la résistivité modifiée de la formation et/ou du fluide ou des fluides de la formation provoquée par le ou les fluides traceurs injectés; et l'interprétation des données.
- 15 2. La méthode selon la revendication 1, où le contrôle est effectué également dans les puits.
- 20 3. La méthode selon les revendications 1 à 2, où le contrôle est effectué à intervalles répétés.
- 25 4. La méthode selon une revendication quelconque de 1 à 3, où la méthode consiste également à déterminer l'étendue géométrique du fluide injecté et/ou du fluide de la formation.
- 30 5. La méthode selon une revendication quelconque de 1 à 4, où le fluide injecté a des propriétés chimiques et/ou physiques et/ou biologiques, qui lui permettent de changer la résistivité de la formation et/ou du ou des fluides traceurs de la formation.
- 35 6. La méthode selon une revendication quelconque de 1 à 5, où le fluide d'injection et/ou de la formation ou n'importe quel mélange des deux fluides est enflammé.
- 40 7. La méthode selon une revendication quelconque de 1 à 6, où la surveillance est réalisée en utilisant des méthodes électromagnétiques à source contrôlée aériennes, terrestres, et marines, y compris les récepteurs et/ou la source placée à l'intérieur ou à l'extérieur d'un ou plusieurs trous de forage.
- 45 8. La méthode selon une revendication quelconque de 1 à 7, où la surveillance est réalisée en utilisant des méthodes magnétotelluriques à l'intérieur ou à l'extérieur d'un trou de forage, sur terre, dans l'air ou en mer.
- 50 9. La méthode selon une revendication quelconque de 1 à 8, où la surveillance est réalisée en utilisant des méthodes galvaniques à l'intérieur ou à l'extérieure d'un trou de forage, sur terre, dans l'air ou en mer.
10. La méthode selon une revendication quelconque de 1 à 9, où l'interprétation est faite en utilisant la méthode de domaine fréquentiel.

11. La méthode selon une revendication quelconque de 1 à 9, où l'interprétation est faite en utilisant la méthode de domaine temporel.

5 12. La méthode selon une revendication quelconque de 1 à 11, où la surveillance du fluide injecté comporte un traitement et/ou une inversion jointe des données de traçage de la résistivité rassemblés à différents intervalles.

10 13. La méthode selon la revendication 1 ou la revendication 12, où les données du relevé sismique et/ou les données du levé gravimétrique et/ou les données du levé magnétique sont utilisées outre les données de résistivité pendant le procédé de contrôle du fluide injecté.

15 14. La méthode selon une revendication quelconque de 1 à 13, où le trou de forage et/ou son blindage sont utilisés comme source et/ou récepteur ou partie d'une source et/ou d'un récepteur pour les mesures de résistivité.

20 15. La méthode selon une revendication quelconque de 1 à 14, où la résistivité et/ou d'autres propriétés de fluide d'injection sont modifiées avec le temps.

25 16. La méthode selon une revendication quelconque de 1 à 15, où les données géophysiques et/ou les données géologiques et/ou les données de production et/ou le modelage du réservoir et/ou la simulation du réservoir sont utilisés dans l'interprétation.

30

35  
40  
45  
50

