

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 871 897**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **04 06879**

⑤1 Int Cl⁷ : G 01 V 1/28

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 21.06.04.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 23.12.05 Bulletin 05/51.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE
— FR.

⑦2 Inventeur(s) : CACAS MARIE CHRISTINE.

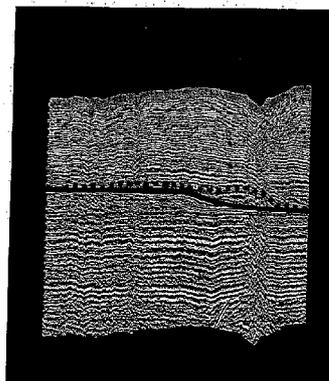
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) :

⑤4 METHODE POUR DEFORMER UNE IMAGE SISMIQUE POUR INTERPRETATION AMELIOREE.

⑤7 La présente méthode concerne une méthode de déformation géométrique d'une image sismique pour interprétation, dans laquelle on effectue les étapes suivantes:

- on sélectionne une couche géologique représentée sur l'image sismique,
- on détermine par modélisation stratigraphique une surface topographique moyenne de dépôt de ladite couche,
- on déforme l'image sismique en déplaçant les traces en prenant en compte la surface moyenne de dépôt modélisée,
- on effectue une interprétation géologique de l'image ainsi déformée.



FR 2 871 897 - A1



5

La présente invention concerne une méthode pour déformer géométriquement une
10 image sismique afin d'éliminer l'effet des déformations subies par le sous-sol
postérieurement à son dépôt. La méthode s'applique à l'interprétation de sections ou de
cubes sismiques. Elle concerne la déformation géométrique d'une image sismique (section
ou cube) afin de simplifier le travail de l'interpréteur sismique et de lui permettre un
contrôle plus aisé de son interprétation. Les données manipulées sont les images sismiques
15 en profondeur, cube ou section, ainsi que des surfaces caractéristiques (ou horizons)
obtenues par pointé sur les images sismiques elles-mêmes. Sans transformation
géométrique, ces images sismiques et ces surfaces correspondent à un état actuel du sous-
sol et non pas à son état à l'époque géologique à laquelle se sont déposées ces surfaces. En
effet, le sous-sol subit des déformations importantes au cours des temps géologiques qui
20 font suite à son dépôt.

La méthode consiste en premier lieu à calculer une estimation de la topographie à
l'époque de la constitution de la couche sédimentaire en cours d'interprétation, à l'aide d'une
procédure de modélisation stratigraphique. Puis à effectuer une transformation géométrique
de l'image sismique et des horizons en cours d'analyse, afin de restituer ceux-ci dans un état
25 proche de celui d'origine, à l'époque de leur formation.

Cette méthode simplifie le travail de l'interpréteur en lui évitant d'avoir à prendre en
compte l'effet des déformations géologiques subies par le sous-sol après son dépôt, lors de
l'interprétation.

Cette méthode peut s'appliquer avantageusement à l'interprétation des données sismiques pour la recherche et, notamment pour la caractérisation des gisements d'hydrocarbures.

5 La transformation géométrique d'une image, par procédure informatique, est une opération qui ne pose actuellement plus de problèmes techniques. Néanmoins, c'est la caractérisation des paramètres de cette transformation géométrique qui reste dans certains cas une opération difficile.

10 Dans le domaine de l'interprétation des images sismiques notamment, on relève deux types de transformation mises à la disposition des utilisateurs:

1. "L'horizontalisation" des horizons: il s'agit d'effectuer une translation des traces sismiques constituant l'image sismique, parallèlement à leur axe, c'est-à-dire verticalement, afin de les repositionner de telle sorte que leur intersection avec une surface géologique repérée le long de celles-ci soit placée à l'horizontale. Cette procédure est explicitée sur la figure 1b. Elle restitue l'image du sous-sol à l'époque de son dépôt, à condition que la topographie à cette époque soit rigoureusement horizontale.

2. La restauration. Il s'agit ici:

- de découper manuellement l'image en morceaux,
- d'effectuer des transformations géométriques de chaque morceau individuellement, puis,
- de reconstituer l'image totale par déplacement des morceaux, comme cela s'effectue lors de la reconstitution d'un puzzle (on peut citer le logiciel Baliss et EasyDepth de la Société Beicip-Franlab).

25 Les paramètres de ces différentes opérations sont entièrement déterminés par l'utilisateur.

En marge de ces techniques de déformation des images sismiques, on note l'émergence de la modélisation stratigraphique dont l'objectif est de mieux appréhender la structure géométrique (mais également sédimentologique) du sous-sol, ainsi que son évolution au cours des temps géologiques. Ces techniques peuvent être encore assez délicates à mettre en œuvre, mais une évolution récente, décrite dans le document

FR 03/11194, permet de calculer, de manière directe, une estimation de la topographie régionale à l'époque du dépôt d'une couche donnée de sédiment, à partir de la donnée de l'épaisseur de cette couche, qui peut être lue sur l'image sismique.

5 La méthode décrite ici propose de déformer l'image sismique par translation des traces sismiques suivant leur axe, comme cela est réalisé dans le cas de "l'horizontalisation", mais de telle sorte que l'intersection des traces avec une surface géologique repérée le long de celles-ci soit placée sur une surface (dite "surface cible") représentant la topographie à l'époque de son dépôt, et non une surface parfaitement
10 horizontale, comme c'est le cas pour "l'horizontalisation". Cette surface de dépôt (surface cible) est obtenue par une modélisation stratigraphique, comme celle par exemple basée sur un principe de type "diffusion stationnaire", et explicitée dans le document FR 03/11194.

Ainsi, la présente invention concerne une méthode de déformation géométrique d'une
15 image sismique pour interprétation, dans laquelle on effectue les étapes suivantes:

- on sélectionne une couche géologique représentée sur l'image sismique,
- on détermine par modélisation stratigraphique une surface topographique moyenne de dépôt de ladite couche,
- on déforme l'image sismique en déplaçant les traces en prenant en compte la surface
20 moyenne de dépôt modélisée,
- on effectue une interprétation géologique de l'image ainsi déformée.

Dans la méthode, la modélisation stratigraphique peut être basée sur le principe de la diffusion stationnaire mono lithologique.

La couche géologique étant définie par son toit et sa base, on peut ajuster le toit sur la
25 surface moyenne.

Dans une variante, on peut ajuster la base sur ladite surface moyenne.

Les caractéristiques et avantages de la méthode selon l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée ci-après, en se référant aux figures annexées parmi lesquelles:

- la figure 1a montre une image sismique brute,
- 5 - la figure 1b montre le principe de "l'horizontalisation", selon l'art antérieur,
- la figure 1c montre le principe selon l'invention,
- la figure 2 illustre plus précisément l'enchaînement des étapes selon l'invention.

Les figures 1a, 1b et 1c illustrent l'intérêt de la présente méthode par rapport à la
10 méthode conventionnelle de "l'horizontalisation".

La figure 1a représente l'image brute d'une section sismique obtenue dans un environnement de croissance d'une plate-forme carbonatée. La ligne pointillée représente l'horizon en cours de pointage et sa position relative par rapport à une surface antérieurement déposée et représentée par la ligne continue. Il est connu que le pointé est
15 rendu difficile par les déformations subies par le sous-sol après le dépôt de ces surfaces. En effet, l'image est déformée par rapport à ce qu'elle était au moment de la mise en place de ces sédiments. Cette déformation a pour conséquence de brouiller la structure géométrique actuelle par rapport au schéma de référence des contextes de croissance de plate-forme carbonatée, connu de l'interpréteur.

20 La figure 1b. représente cette même image sismique après "horizontalisation" de la ligne continue représentant une surface antérieurement déposée. L'image ainsi déformée ne représente pas une réalité géologique et peut induire l'interpréteur en erreur, puisque la surface à pointer apparaît alors comme un monticule érigé sur une plaine horizontale, et non comme un incrément de croissance d'une plate-forme carbonatée.

25 La figure 1c représente cette même image après translation des traces suivant la méthode selon l'invention. La translation des traces est ici effectuée de manière à ajuster la ligne continue sur une ligne représentant la surface topographique à l'époque du dépôt. Laquelle surface est obtenue par calculs à l'aide d'une méthode de modélisation stratigraphique, par exemple basée sur le principe de la diffusion stationnaire, comme citée
30 plus haut. Dans l'image ainsi transformée, l'horizon à pointer (ligne pointillée) présente une

morphologie typique d'une croissance carbonatée, proche de la réalité et aisément identifiable par un géologue.

Les données manipulées:

1. Une image sismique, constituée d'un ensemble de traces sismiques adjacentes. Cette image peut être surfacique (il s'agit alors d'une section sismique) ou volumique (il s'agit alors d'un cube sismique).

2. Des horizons: ce sont des surfaces caractéristiques repérées sur l'image sismique et correspondant à la surface inférieure (la "base") et à la surface supérieure (le "toit") des couches sédimentaires constituant la zone de sous-sol étudiée. Ces horizons délimitent des couches géologiques.

Il faut noter que les images sismiques, ainsi que les horizons concernés par la méthode selon l'invention doivent être exprimés dans le domaine "profondeur". S'ils sont exprimés dans le domaine "temps", la conversion doit être réalisée préalablement à la mise en œuvre de la méthode selon l'invention. Cette conversion peut être réalisée suivant l'une des nombreuses techniques à la disposition des interpréteurs.

3. Les paramètres spécifiques requis pour la mise en œuvre de la modélisation stratigraphique. Dans le cas, nullement limitatif, où la modélisation stratigraphique utilisée est basée sur la diffusion stationnaire mono lithologique, ces paramètres sont:

- 2 coefficients de diffusion K_m et K_c caractérisant l'agressivité des phénomènes érosifs dans les milieux marins et continentaux respectivement, estimés à l'époque du dépôt;

- l'estimation de la cote relative au niveau marin à l'époque du dépôt des différentes couches géologiques du milieu, en un point quelconque choisi par l'utilisateur;

- une estimation de la répartition spatiale de l'apport de sédiments aux frontières de la zone du sous-sol représentée sur l'image sismique, pendant les intervalles de temps nécessaires au dépôt de chaque couche géologique.

La procédure comprend un enchaînement d'au moins trois phases, illustrées par la figure 2:

- la première phase consiste à sélectionner une couche sédimentaire pour laquelle ont été définis un toit et une base. Ce toit et cette base sont en général directement issus du pointé sur l'image sismique. La représentation référencée 1 de la figure 2 montre les deux lignes de base et de toit de la couche considérée.
- 5
- dans un deuxième temps, on calcule la surface topographique moyenne, applicable pendant la période nécessaire au dépôt de la couche sédimentaire sélectionnée. Ce calcul est réalisé par une procédure informatisée de modélisation stratigraphique, MODEL STRAT référencé 2. Suivant la méthode de modélisation retenue, il peut être nécessaire que le toit et la base soient entièrement définis.
- 10
- L'utilisation d'un interpolateur est alors nécessaire pour estimer ces surfaces dans les zones où le pointé n'a pas été réalisé. On dispose de nombreuses méthodes pour réaliser cette interpolation, et qui sont en générale disponibles sur les stations d'interprétation sismique. La ligne de représentation moyenne résultant de la modélisation est illustré par l'image référencée 3.
- 15
- la dernière phase consiste à déformer (étape DEF référencée 4) l'image sismique afin d'ajuster le toit (ou la base, selon le choix de l'interpréteur) de la couche sédimentaire sélectionnée, sur la surface topographique moyenne calculée à l'étape précédente. L'illustration référencée 5 montre, après déformation, l'image de la couche sélectionnée, (représentée initialement par l'image 1) en position de dépôt. Il est clair
- 20
- sur cet exemple que l'interprétation est grandement facilitée. L'image référencée 6 montre une ligne pointillée de pointage d'une autre séquence, pointage que l'on peut désormais faire avec plus de facilité grâce à la méthode de déformation selon l'invention.

REVENDEICATIONS

1) Méthode de déformation géométrique d'une image sismique pour interprétation, dans laquelle on effectue les étapes suivantes:

- 5 - on sélectionne une couche géologique représentée sur l'image sismique,
- on détermine par modélisation stratigraphique une surface topographique moyenne de dépôt de ladite couche,
- on déforme l'image sismique en déplaçant les traces en prenant en compte la surface moyenne de dépôt modélisée,
- 10 - on effectue une interprétation géologique de l'image ainsi déformée.

2) Méthode selon la revendication 1, dans laquelle ladite modélisation stratigraphique est basée sur le principe de la diffusion stationnaire mono lithologique.

- 15 3) Méthode selon l'une des revendications 1 ou 2, dans laquelle ladite couche étant définie par son toit et sa base, on ajuste le toit sur ladite surface moyenne.

4) Méthode selon l'une des revendications 1 ou 2, dans laquelle ladite couche étant définie par son toit et sa base, on ajuste la base sur ladite surface moyenne.

1/2

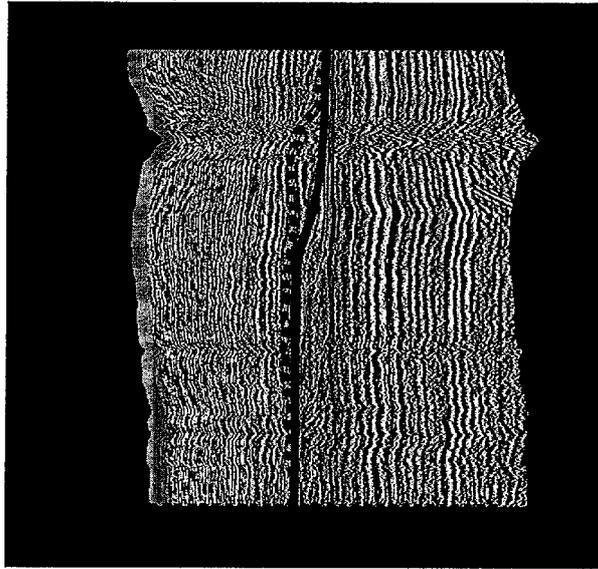


Figure 1c

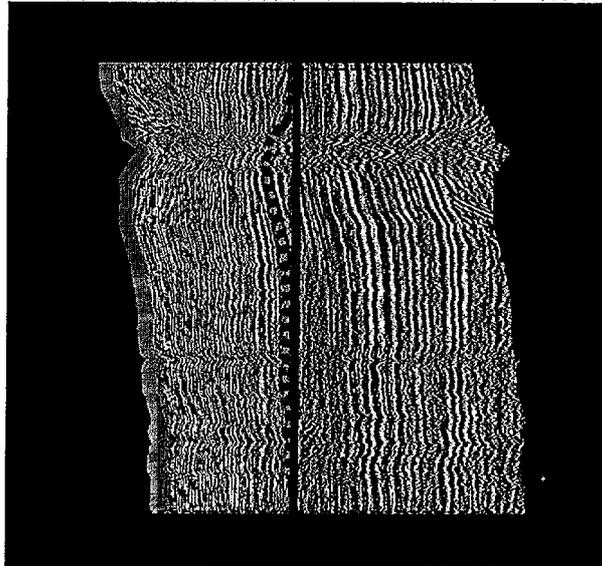


Figure 1b

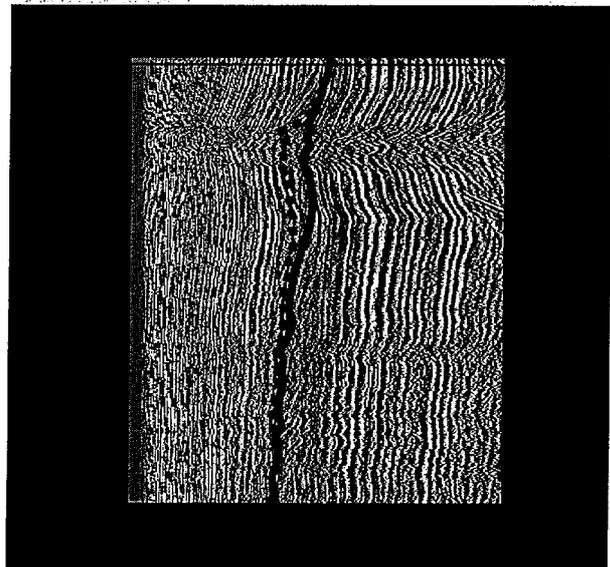


Figure 1a



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 651187
FR 0406879

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 6 246 963 B1 (CROSS TIMOTHY A ET AL) 12 juin 2001 (2001-06-12) * abrégé * * colonne 3, ligne 4 - ligne 50 * -----	1-4	G01V1/28
A	US 4 679 174 A (GELFAND VALERY A) 7 juillet 1987 (1987-07-07) * abrégé *	1-4	
A	EP 0 632 293 A (WESTERN ATLAS INT INC) 4 janvier 1995 (1995-01-04) * abrégé * * colonne 3, ligne 25 - colonne 4, ligne 9 * -----	1-4	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			G01V
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		20 janvier 2005	Thomas, J
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 2

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0406879 FA 651187**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 20-01-2005

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6246963 B1	12-06-2001	US 2002099504 A1	25-07-2002
US 4679174 A	07-07-1987	CA 1226064 A1	25-08-1987
EP 0632293 A	04-01-1995	US 5502687 A	26-03-1996
		AU 674578 B2	02-01-1997
		AU 6609894 A	12-01-1995
		CA 2127002 A1	02-01-1995
		DE 69415875 D1	25-02-1999
		EP 0632293 A2	04-01-1995
		NO 942464 A	02-01-1995