

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 884 636**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **05 03793**

⑤1 Int Cl⁸ : G 06 T 7/00 (2006.01), G 01 V 1/50

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 15.04.05.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.10.06 Bulletin 06/42.

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) : EARTH RESOURCE MANAGEMENT SERVICES (ERM.S) Société à responsabilité limitée — FR.

⑦2 Inventeur(s) : BEUCHER SERGE, DECENCIERE ETIENNE, SANDJIVY LUC, MAGNERON CEDRIC et FAUCON THIMOTHEE.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : CABINET MOUTARD.

⑤4 PROCÉDE DE DETERMINATION HIERARCHIQUE D'EVENEMENTS COHERENTS DANS UNE IMAGE.

⑤7 Le procédé selon l'invention concerne la détermination d'événements cohérents d'une image sismique et il comprend les phases opératoires suivantes:

- une phase de choix d'un critère de segmentation fonction d'une variable et d'au moins une fenêtre glissante sur ladite zone et de ses caractéristiques,

- une phase de segmentation hiérarchique, pour des positions de la fenêtre glissante se recouvrant, comportant une segmentation de ladite zone en n régions et pour chaque pixel repéré au moins une fois par une frontière de segmentation,

- une phase d'attribution aux pixels non repérés d'une valeur d'indices EI et EIC correspondant à une non-valeur caractéristique numérique ou alphanumérique,

- une phase de détermination des événements cohérents de l'image par seuillage des indices EI et EIC c'est-à-dire en ne sélectionnant que des pixels repérés de la zone correspondant à des valeurs inférieures ou supérieures à un seuil fixé.

Il s'applique aux données d'imageries obtenues par des méthodes physiques d'imagerie sismique: données amplitudes ou attributs sismiques et également aux données d'imagerie médicale, sonar, contrôle non destructif de matériaux, etc.

FR 2 884 636 - A1



5

- 10 La présente invention concerne un procédé pour la détermination hiérarchique d'évènements cohérents dans une image sismique.

Elle s'applique plus particulièrement, mais non exclusivement, aux données d'imageries obtenues par des méthodes physiques d'imagerie sismique :

15 données amplitudes ou attributs sismiques, dans les domaines pré-stack et post-stack, le stack étant une opération centrale du traitement sismique qui permet de compresser les données sismiques (réduction du nombre de données) et agit comme un puissant filtre anti-bruit. Elle s'applique également aux données d'imagerie médicale, sonar, contrôle non destructif

20 de matériaux, etc.

La Morphologie Mathématique, développée au même titre que la Géostatistique par le professeur Georges Matheron, est fondée sur des notions ensemblistes et topologiques. Son principe est d'étudier les

25 caractéristiques morphologiques (forme, taille, orientation, ...) des objets dans une image. La Morphologie Mathématique fournit le langage et des outils non-linéaires appropriés pour la reconnaissance et le traitement des formes dans une image quelle que soit sa dimension (1D, 2D, 3D... nD).

- 30 Plus particulièrement, la Morphologie Mathématique fournit des outils de segmentation hiérarchique d'images. En effet, elle permet la segmentation d'images en plusieurs régions suivant un ou plusieurs critères comme par exemple l'amplitude, le contraste, le gradient de l'amplitude ... Les frontières entre ces régions définissant des segments non nécessairement rectilignes

qui représentent généralement des formes énergétiques et continues de l'image.

5 Par définition, on appellera « événement cohérent » dans une image 3D toute surface cohérente suivant des critères de continuité et d'énergie. Pour une image 2D, un événement cohérent correspondra à une ligne non nécessairement droite.

10 Les procédés habituels de détermination d'évènements cohérents dans des images sismiques sont généralement basés sur des algorithmes dits de propagation. On place des germes sur l'image, c'est-à-dire des points d'ancrage au niveau des évènements cohérents que l'on veut déterminer. Ces germes sont généralement le résultat d'une interprétation humaine. Les algorithmes de propagation déterminent l'intégralité de chacun des évènements cohérents choisis en recherchant dans l'image les chemins de plus grande corrélation spatiale à partir des germes relatifs à chaque évènement. Ils « propagent » de point en point, pixel par pixel, les évènements cohérents de l'image. Ce type d'algorithme peut se révéler instable, particulièrement en environnement bruité, et un « mauvais »
15 chemin de plus grande corrélation spatiale est parfois vite emprunté. De plus, cette approche par propagation n'est pas optimale pour une interprétation volumique 3D et en temps réel des évènements cohérents présents dans des cubes sismiques.

20 Une application directe de l'invention concerne le contrôle qualité d'un pointé d'horizons (évènements cohérents correspondant à des interfaces géologiques) sur un cube sismique.

30 Le pointé d'évènements cohérents appelés horizons sur des cubes sismiques est réalisé de façon semi-automatique. Un interpréteur crée des germes qui servent de points d'ancrage pour un algorithme de propagation destiné à générer tout ou partie de l'horizon « pointé ». Mais, ce type d'algorithme peut se révéler instable, particulièrement en environnement bruité. Cette instabilité se traduit par des décalages du pointé par rapport à

l'extremum local correspondant à l'événement sismique ciblé, ou bien parfois par des erreurs plus radicales correspondant à des sauts de phase. Ces erreurs peuvent avoir un impact très important sur la valeur de l'amplitude ou de n'importe quel autre attribut extraits par exemple dans le cadre d'une

5 « étude orientée réservoir ». Or, un contrôle fiable et rapide de la qualité du pointé de ces horizons se révèle indispensable. En effet, une « étude orientée réservoir » est une étude d'imagerie d'un réservoir et d'estimation des réserves qu'il contient et les enjeux économiques induits par de telles études étant considérables, la précision des résultats qu'elles fournissent se

10 doit d'être optimale. De petites erreurs peuvent avoir de grandes conséquences économiques.

Par ailleurs, l'examen visuel est mal approprié pour repérer rapidement des anomalies spatiales s'étendant dans les trois dimensions de l'espace.

15

Une autre application possible concerne la détermination d'événements cohérents sur différents cubes sismiques d'une même zone géographique, ces cubes étant générés avec des paramètres de traitement différents.

20 Dans les solutions actuellement proposées, il arrive couramment en traitement et en interprétation sismique que deux (ou plusieurs) cubes sismiques soient définis sur une même zone géographique. Dépendant du contexte opérationnel, l'analyse des différences entre les deux cubes est alors généralement instructive. Elle peut mettre en évidence des différences

25 liées :

- à la production d'hydrocarbures dans le temps (problématique réservoir 4D c'est à dire défini selon les trois dimensions spatiales et une dimension temporelle) ;
- à des natures de variable étudiée différentes comme dans une

30 problématique 4C où on propage deux types d'ondes sismiques dans le sous-sol : des ondes de compression P et des ondes de cisaillement S afin de réaliser deux cubes, un cube en amplitudes P et un cube en amplitudes S ;

- à des paramètres de traitement différents.

La caractérisation de ces différences (localisation, quantification) n'est jamais aisée, la simple différence entre les deux cubes sismiques se révélant souvent insuffisante, voire stérile. En effet, des décalages géographiques
5 mêmes faibles des évènements cohérents apparentés sur chacun des deux cubes sismiques diminuent notablement la valeur de l'information du cube différence.

En vue de minimiser ces inconvénients, l'invention propose de fournir un outil
10 d'aide à la détermination d'évènements cohérents dans une image sismique en associant à chaque pixel de l'image un couple d'indices EII « Event Importance Index », ECI « Event Confidence Index » calculés en appliquant, sur des « fenêtres se recouvrant », une segmentation hiérarchique.

Par « fenêtre se recouvrant », on entend qu'au lieu de réaliser une
15 segmentation sur toute l'image comme cela se fait couramment, on réalise des segmentations successives sur des parties de l'image définies par une « fenêtre glissante » qui se déplace sur l'image à la manière d'un scanner.

Le calcul du couple d'indices EII et ECI résout le problème de la
20 détermination en temps réel des évènements cohérents d'une image sismique.

Avantageusement, la détermination des évènements cohérents d'une image sismique se fait grâce au procédé selon l'invention qui comprend les phases
25 opératoires suivantes :

- une phase de choix :
 - o d'un critère de segmentation fonction d'une variable représentée sous forme d'image sismique tel que l'amplitude, le
30 contraste, le gradient,
 - o d'une zone de l'image à qualifier,
 - o d'au moins une fenêtre glissante sur ladite zone et de ses caractéristiques,

- une phase de segmentation hiérarchique, pour des positions de la fenêtre glissante se recouvrant, comportant une segmentation de ladite zone en n régions et pour chaque pixel repéré au moins une fois par une frontière de segmentation :
 - 5 ○ la sauvegarde du nombre de fois où le pixel est repéré par une frontière de segmentation pour chaque fenêtre glissante à laquelle il appartient et le calcul du rapport de ce nombre par le nombre théorique maximal de fois où ce même pixel pourrait être repéré, ce rapport correspondant à l'indice ECI ;
 - 10 ○ l'attribution pour chaque frontière de segmentation d'un niveau hiérarchique basé sur un calcul fonction d'un critère déterminé tel que la surface de la frontière, de manière à obtenir l'indice EII ;

- 15 - une phase d'attribution aux pixels non repérés d'une valeur d'indices EI et EIC correspondant à une non-valeur caractéristique numérique ou alphanumérique.

- 20 - une phase de détermination des événements cohérents de l'image par seuillage des indices EII et ECI c'est-à-dire en ne sélectionnant que des pixels repérés de la zone correspondant à des valeurs inférieures ou supérieures à un seuil fixé.

25 La variable pourra être un attribut sismique tel que l'amplitude, la réflectivité, l'impédance ou tout autre attribut calculé sur un cube sismique.

Ce seuillage pourra dépendre notamment de l'application métier poursuivie.

30 Les caractéristiques de la fenêtre glissante pourront comprendre ses dimensions, le taux de recouvrement d'une position i de la fenêtre par rapport à une position $i-r$, le taux de recouvrement étant défini par $1/r$, r étant le module du vecteur déplacement dans une des directions principales de l'image sismique multiple d'un pas de grille (définition une image est définie sur une grille avec comme paramètre le pas de grille dans chacune des

directions principales de l'image (généralement axes euclidiens)) dans cette direction.

5 Le nombre n de régions de segmentation de la zone pourra être dépendant de la zone segmentée.

10 Les frontières de la segmentation pour chaque position de la fenêtre glissante définissent les pixels repérés par le processus de segmentation et pour lesquels les indices EII et ECI peuvent être calculés, les pixels de faible EII et de fort ECI définissant les événements les plus cohérents de l'image.

Avantageusement, la phase de segmentation pourra s'effectuer :

- 15 - par l'algorithme de segmentation hiérarchique de « Ligne de Partage des Eaux » ; il s'agit d'un algorithme de morphologie mathématique qui permet de réaliser de la segmentation hiérarchique d'images ;
- sur une image sismique préalablement filtrée c'est-à-dire une image transformée par un filtre, par exemple un filtre permettant d'améliorer la continuité de l'image et d'éliminer du bruit aléatoire haute fréquence

20 Le recouvrement des positions de la fenêtre glissante pourra être défini par un paramètre de taux de recouvrement exprimé par exemple en pixels.

La valeur de ce paramètre de taux de recouvrement pourra être diminuée pour alléger les temps de calcul.

25 Bien entendu, dans ce cas, la qualité des résultats ne devra pas se trouver dégradée.

Cette approche, conforme au procédé selon l'invention, pourra être mise en œuvre dans le cadre de tout contexte opérationnel mettant en jeu un cube sismique ou des cubes sismiques d'une même zone géographique.

30

Les pixels repérés par le processus de segmentation de la zone guide entourant l'horizon pointé et caractérisés par leurs indices EII et EIC pourront permettre l'élaboration de cartes d'attributs de qualification d'un horizon afin de permettre d'effectuer un contrôle qualité dudit horizon.

Des modes d'exécution de l'invention seront décrits ci-après, à titre d'exemples non limitatifs, avec référence aux dessins annexés dans lesquels :

5

La figure 1 est une représentation en perspective d'un cube sismique et d'un horizon à qualifier ;

10

Les figures 2a et 2b sont des sections verticales de la figure 1 représentant respectivement l'horizon à qualifier et l'horizon à qualifier entouré d'une zone guide ;

15

La figure 3 est une représentation d'une section de la zone guide comportant une fenêtre glissante ;

20

La figure 4 est une représentation du déplacement de la fenêtre de la figure 3 ;

Les figures 5a, 5b et 5c sont des représentations d'une fenêtre glissante segmentée respectivement en deux, trois et trente régions ;

25

Les figures 7a, 7b et 7c sont des représentations de cartes d'attributs de qualification.

30

Les figures 8a et 8b sont des représentations sur des sections verticales d'anomalies, respectivement des écarts par rapport à un extremum local et un saut de phase de l'horizon, mises en évidence grâce aux cartes d'attributs de qualification des figures 7a, 7b et 7c.

Le premier exemple est illustré sur les figures 1 à 8b.

Cet exemple concerne le contrôle qualité d'un pointé d'« horizons » (événements cohérents correspondant à des interfaces géologiques) et en particulier d'un horizon pointé 1 sur un cube sismique 2 (Figures 1 et 2a).

- 5 Un horizon est très étendu dans l'espace et représente une interface géologique de sédimentation entre couches géologiques, il résulte généralement d'une interprétation par un géophysicien ou un géologue.

10 La détermination des indices EII et ECI, conformément au procédé selon l'invention, contribue à définir les parties d'horizons jugées anomaliques qu'il convient d'examiner pour garantir une cohérence géologique des horizons pointés.

La variable ou attribut sismique utilisé est l'amplitude du cube .

15

Les premières étapes du procédé comprennent le choix :

- d'un critère de segmentation hiérarchique de la variable tel que l'amplitude,
- d'une zone du cube sismique comprenant l'horizon pointé à qualifier c'est-à-dire sur lequel doit être effectué un contrôle de la qualité,
- d'une fenêtre glissante 3 sur ladite zone et de ses caractéristiques (dimensions, taux de recouvrement...) (Figure 3),

25 Le critère de segmentation hiérarchique choisi est l'amplitude correspondant aux valeurs de la variable elle-même, c'est-à-dire que l'on prend un critère dynamique lié aux valeurs de la variable. Ainsi, par exemple, plus la valeur moyenne de la variable associée à une frontière de segmentation sera importante plus les pixels associés à cette frontière se trouveront dans les premiers niveaux de hiérarchie.

30

La zone du cube sismique à qualifier est limitée dans l'espace dans une zone guide 4 du cube sismique 2 comprenant et entourant l'horizon pointé à qualifier 1 (Figure 2b).

Cette zone 4 sert de masque pour sélectionner les pixels du cube sismique sur lesquels s'effectueront les étapes suivantes du procédé selon l'invention. La largeur de la zone 4 est définie selon une section verticale (Figure 2b) du cube sismique par un paramètre vertical d'écart en pixels de part et d'autre de l'horizon pointé 1.

Il est à noter que l'on pourra faire varier spatialement les dimensions de la zone guide entourant l'horizon.

10 Les dimensions de la fenêtre glissante doivent être fixées.
Pour cela, on pourra avantageusement réaliser au préalable une analyse géostatistique pour définir des critères objectifs d'aide au choix des dimensions de la fenêtre glissante. Ces critères peuvent comprendre les longueurs de corrélations spatiales par exemple déterminées grâce à

15 l'identification des portées d'un variogramme. Le variogramme est une fonction statistique permettant d'analyser les corrélations spatiales à l'intérieur d'un jeu de données spatial, les portées observées sur le variogramme renseignant sur les dimensions moyennes des structures (événements) dans une image.

20 Si nécessaire, la valeur du paramètre du taux de recouvrement des différentes positions de la fenêtre glissante 3 pourra être diminuée pour alléger les temps de calcul.

Bien entendu, cette valeur sera choisie de façon à ne pas dégrader la qualité

25 des résultats.

Sur la figure 4, ledit taux de recouvrement est choisi égal à un pixel et un repère fixe R est placé. La position 6 de la fenêtre est décalée d'un pixel vers la droite par rapport à la position 5 de la fenêtre et la position 7 de la fenêtre est décalée d'un pixel vers la droite par rapport à la position 6 de la fenêtre.

30 Les pixels repérés sont représentés par des points P.

Le critère de segmentation choisi, les dimensions de la fenêtre glissante et sa valeur de taux de recouvrement fixés et la zone guide 4 définie, tous les

pixels du cube sismique de la zone guide sont segmentés par la fenêtre glissante.

Dans cet exemple, la phase de segmentation hiérarchique, pour des positions de la fenêtre glissante se recouvrant, comprend la segmentation de l'image en trente régions et pour les pixels repérés au moins une fois par une frontière de segmentation :

- la sauvegarde du nombre de fois où le pixel est repéré par une frontière de segmentation pour toutes les positions de la fenêtre glissante auxquelles il appartient et le calcul du rapport de ce nombre par le nombre théorique maximal de fois où ce même pixel pourrait être repéré, ce rapport correspondant à l'indice ECI (Figure 4) ;
- l'attribution pour chaque frontière de segmentation d'un niveau hiérarchique selon un barème B basé sur un calcul fonction d'un critère déterminé tel que la surface de la frontière, de manière à obtenir l'indice EII (Figure 6), les différents niveaux pouvant être matérialisés par des couleurs.

Il est à noter que le nombre de régions de segmentation varie d'une fenêtre glissante à l'autre. En effet, par exemple, si on place une fenêtre glissante sur la France, la segmentation fera apparaître 22 régions, ce ne sera pas la même chose pour une fenêtre glissante tombant sur l'Allemagne.

Plus particulièrement, lorsque l'image est segmentée en deux régions 8, 9, une frontière 10 apparaît (Figure 5a). Cette frontière correspond au premier niveau de hiérarchie et sa valeur est fixée à un.

Puis, l'image est segmentée en trois régions 8, 11, 12, une frontière 13 apparaît (Figure 5b). Cette frontière correspond au deuxième niveau de hiérarchie et sa valeur est fixée à deux.

La segmentation se poursuit ainsi jusqu'à obtenir trente régions et les frontières correspondantes (Figures 5c et 6).

Puis le procédé comporte les étapes suivantes :

- une phase d'attribution aux pixels non repérés d'une valeur d'indices EI et EIC correspondant à une non-valeur caractéristique numérique ;
- la détermination des évènements cohérents de la zone par seuillage des indices EII et ECI, l'indice EII devant être inférieur à une valeur de seuil et l'indice ECI devant être supérieur à une valeur de seuil,

Tous les pixels repérés par le processus de segmentation de la zone guide entourant l'horizon pointé étant caractérisés par leurs indices EII et EIC, plusieurs cartes d'attributs de qualification de l'horizon pointé peuvent être calculées afin de permettre d'effectuer le contrôle de l'horizon. Dans cette zone, un pixel est défini par trois dimensions x, y et z.

Une carte d'attributs de qualification est une représentation selon deux dimensions x et y. Un attribut défini par un couple de coordonnées x et y peut correspondre à une valeur moyenne par verticale (ligne axée selon l'axe vertical z de profondeur du cube sismique) pour l'ensemble des pixels repérés de la zone guide entourant l'horizon (par exemple ECI ou EII moyen par verticale) ou alors à la sélection d'un pixel sur la verticale, par exemple celui de plus fort ECI ou de plus faible EII, et à une valeur associée à ce pixel.

La figure 7a représente une carte de l'horizon à qualifier. Un code couleur représente la profondeur Z de l'horizon.

La figure 7b représente une carte de qualification de position) des pixels retenus parce qu'appartenant à l'évènement local le plus cohérent.

La figure 7c est une carte de l'attribut de qualification du pointer de l'horizon à qualifier, cet attribut étant nommé attribut de cohérence LPE.

Pour chaque verticale de la zone guide définie par un couple de coordonnées x et y a été sélectionné le pixel appartenant à l'évènement local le plus cohérent défini comme étant le pixel de plus faible EII et de plus fort ECI. La différence entre la position verticale de l'horizon pointé et la position

verticale des pixels retenus permet de mettre en évidence des anomalies de position de l'horizon pointé.

5 Ces cartes permettent de mettre en évidence des anomalies et de les repérer dans le plan XY. Ces anomalies peuvent être alors retrouvées, à partir de l'interprétation des anomalies sur les cartes 2D de qualification, sur le cube de données, en section par exemple comme illustré sur les figures 8a et 8b).

10 Par ailleurs, il se trouve que dans le cas particulier de l'attribut de cohérence LPE, on peut également représenter cet attribut dans le cube.

Ces anomalies peuvent consister, pour un pixel donné, à un écart par rapport à l'extremum local c'est-à-dire un écart entre l'évènement le plus cohérent
15 c'est-à-dire le pixel repéré et l'horizon pointé qui est supérieur à l'écart maximum admis ou inférieur à un écart minimum admis.

Sur l'exemple de la figure 8a, l'horizon pointé est représenté par une ligne
noire 14 et les pixels repérés qualifiés, c'est-à-dire les pixels de plus fort ECI
20 et de plus faible EII, sont représentés par des ronds blancs 15. Le cadre 16 contient une portion d'horizon pointé situé plus haut que les pixels repérés constituant ainsi.

Ces anomalies peuvent également consister, en des sauts de phase de
25 l'horizon correspondant à des erreurs de pointé qui représentent le passage non autorisé d'un horizon à un autre ou d'un évènement à un autre :

Sur l'exemple de la figure 8b, l'horizon pointé est représenté par une ligne
noire 17 et les pixels repérés qualifiés, c'est-à-dire les pixels de plus fort ECI
et de plus faible EII sont représentés par une ligne blanche 18. Le cadre 19
30 contient un saut de phase de l'horizon pointé.

Le deuxième exemple concerne la détermination d'évènements cohérents sur différents cubes sismiques d'une même zone géographique, ces cubes étant générés avec des paramètres de traitement différents.

En effet, dans les solutions actuellement proposées, il arrive couramment en traitement et en interprétation sismique que deux ou plusieurs cubes sismiques soient définis sur une même zone géographique. Dépendant du
5 contexte opérationnel, l'analyse des différences entre les deux cubes est alors généralement instructive. Elle peut mettre en évidence des différences liées :

- à la production d'hydrocarbures dans le temps (problématique réservoir 4D) ;
- 10 - à des natures de variable étudiée différentes (problématique 4C par exemple) ;
- à des paramètres de traitement différents.

Or, la caractérisation de ces différences (localisation, quantification) n'est
15 jamais aisée, la simple différence entre les deux cubes sismiques se révélant souvent insuffisante, voire stérile. En effet, des décalages géographiques mêmes faibles des évènements cohérents apparentés sur chacun des deux cubes sismiques diminuent notablement la valeur de l'information du cube différence. Ainsi, la simple différence entre les deux cubes sismiques ne
20 permet pas de faire la distinction entre des différences liées d'un part aux décalages géographiques des évènements sismiques cohérents et d'autre part à des variations en énergie (en valeur) de ces évènements.

Or, la quantification de l'impact des paramètres de traitement sur les images
25 en amplitude de cubes sismiques est primordiale dans une étude pétrolière orientée réservoir, cet impact influant in fine sur le calcul des réserves en hydrocarbures.

La détermination des indices EII et ECI sur chacun des deux cubes d'une
30 même zone géographique, conformément au procédé selon l'invention, permet de s'affranchir des décalages géographiques spatiaux des évènements cohérents de même origine géologique et ainsi de permettre la mise en oeuvre d'outils quantitatifs complémentaires d'analyse des différences entre cubes sismiques d'une même zone géographique.

Le procédé comporte alors les étapes suivantes :

- la détermination, pour chaque cube sismique, des indices EII et ECI conformément au procédé selon l'invention développé dans l'exemple 1 en choisissant :
 - 5 ○ l'amplitude de la variable « amplitude sismique » comme critère de segmentation,
 - les dimensions de la fenêtre glissante de façon à ce que, plus on veut retenir d'évènements cohérents de petite taille, plus les dimensions de la fenêtre glissante sont restreintes,
 - 10 ○ une valeur de seuil importante pour effectuer un seuillage sur l'indice ECI (sélection des valeurs ECI hautes) et l'indice EII (sélection des valeurs EII hautes) afin de déterminer un nombre d'évènements cohérents important sur les deux cubes sismiques,
 - 15 - une fois les évènements cohérents identifiés sur chacun des cubes sismiques, un appariement de ces évènements consistant à définir qu'un événement géologique donné est repéré sur chacun des deux cubes et correspond à des évènements sismiques donnés sur les cubes ; ainsi appariés, ces évènements servent de support pour le calcul d'attributs de caractérisation des différences dans les cubes sismiques.
 - 20

Le critère d'appariement pourra par exemple être un critère de proximité spatiale : deux évènements « suffisamment » proches c'est à dire appartenant à un voisinage commun sont considérés comme correspondant au même évènement géologique.

25

Selon une variante, on pourra se servir des résultats de segmentation de l'un des cubes sismiques pour réaliser sous contrainte la segmentation de l'autre cube. En particulier l'algorithme de Ligne de Partage des Eaux permet de construire des marqueurs pour la segmentation d'un cube sismique, ces marqueurs étant obtenus à partir des résultats de segmentation de l'autre cube.

30

Selon une autre variante, on pourra diminuer la valeur du paramètre taux de recouvrement des fenêtres glissantes pour alléger les temps de calcul de telle façon que la qualité des résultats ne soit pas dégradée.

5

L'appariement des événements cohérents sur chacune des deux images peut être réalisé par la recherche, avec une certaine tolérance verticale, des pixels définissant des événements cohérents d'une des deux images sismiques les plus proches des pixels définissant des événements cohérents de l'autre image sismique.

10

La sélection des événements cohérents appareillés permet de s'affranchir des effets de décalage géographique des événements cohérents et par conséquent de mieux caractériser les différences entre cubes sismiques par le calcul par exemple de la simple différence des valeurs, du décalage géographique des événements cohérents sur chacun des deux cubes ou de tout autre attribut pertinent.

15

Cette approche, conforme au procédé selon l'invention, pourra être mise en œuvre dans le cadre de tout contexte opérationnel mettant en jeu des cubes sismiques différents mais d'une même zone géographique (4D, 4C, multi-3D, etc.).

20

Revendications

1. Procédé de détermination d'évènements cohérents d'une image sismique,
5 caractérisé en ce qu'il comprend les phases opératoires suivantes :
 - une phase de choix :
 - o d'un critère de segmentation fonction d'une variable représentée sous forme d'image sismique tel que l'amplitude, le contraste, le gradient d'une zone de l'image à qualifier,
10 o d'au moins une fenêtre glissante sur ladite zone et de ses caractéristiques (dimensions, taux de recouvrement...),
 - une phase de segmentation hiérarchique, pour des positions de la fenêtre glissante se recouvrant, comportant une segmentation de ladite zone en n régions et pour chaque pixel repéré au moins une fois
15 par une frontière de segmentation :
 - o la sauvegarde du nombre de fois où le pixel est repéré par une frontière de segmentation pour chaque fenêtre glissante à laquelle il appartient et le calcul du rapport de ce nombre par le nombre théorique maximal de fois où ce même pixel pourrait être repéré, ce rapport correspondant à l'indice ECI ;
20 o l'attribution pour chaque frontière de segmentation d'un niveau hiérarchique basé sur un calcul fonction d'un critère déterminé tel que la surface de la frontière, de manière à obtenir l'indice EII ;
 - une phase d'attribution aux pixels non repérés d'une valeur d'indices EI et EIC correspondant à une non-valeur caractéristique numérique ou alphanumérique ;
25
 - une phase de détermination des évènements cohérents de l'image par seuillage des indices EII et ECI c'est-à-dire en ne sélectionnant que
30 des pixels repérés de la zone correspondant à des valeurs inférieures ou supérieures à un seuil fixé.

2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que la variable est un attribut sismique tel que l'amplitude,
la réflectivité, l'impédance
- 5 3. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que les caractéristiques de la fenêtre glissante
comprennent ses dimensions, le taux de recouvrement d'une position i de la
fenêtre par rapport à une position $i-r$, le taux de recouvrement étant défini par
10 $1/r$, r étant le module du vecteur déplacement dans une des directions
principales de l'image sismique multiple d'un pas de grille dans cette
direction.
4. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que le nombre de n régions de segmentation de la zone est
15 dépendant de la zone segmentée.
5. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que la deuxième phase s'effectue par l'algorithme de
segmentation hiérarchique de « Ligne de Partage des Eaux ».
20
6. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que la deuxième phase s'effectue sur une image sismique
préalablement filtrée c'est-à-dire image transformée par un filtre.
- 25 7. Procédé selon la revendication 6,
caractérisé en ce que ledit filtre améliore la continuité de l'image et élimine
du bruit aléatoire haute fréquence.
8. Procédé selon la revendication 1,
30 caractérisé en ce que le recouvrement des fenêtres glissantes est défini par
un paramètre de taux de recouvrement exprimé par exemple en pixels.

9. Utilisation du procédé selon la revendication 1 pour le contrôle qualité d'un pointé d'horizons sur un cube sismique.

5 10. Utilisation du procédé selon la revendication 1 pour la détermination d'évènements cohérents sur différents cubes sismiques d'une même zone géographique, ces cubes étant générés avec des paramètres de traitement différents.

FIGURE 2a

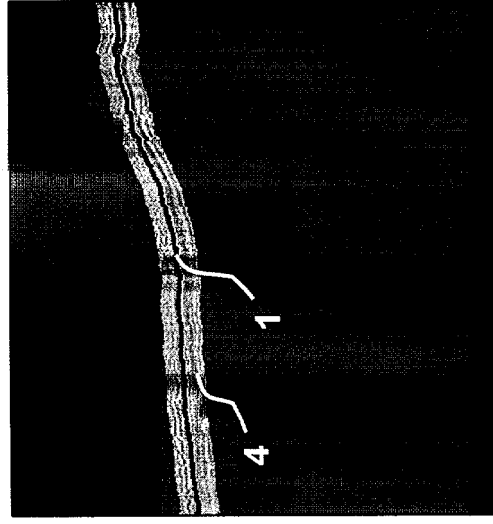
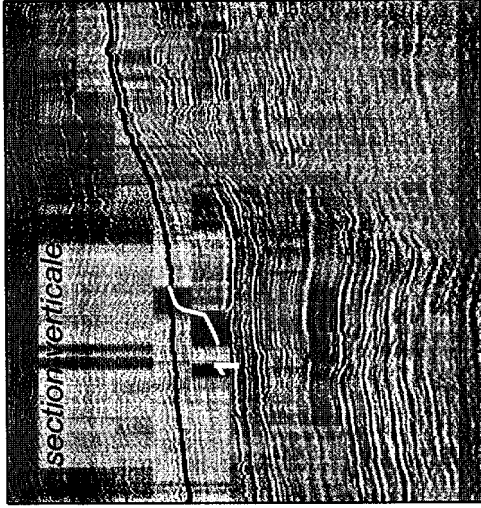


FIGURE 2b

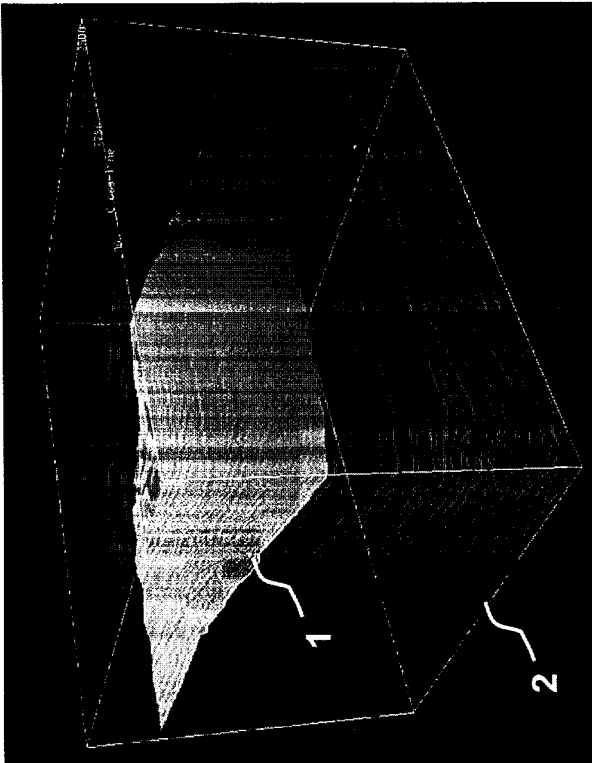


FIGURE 1

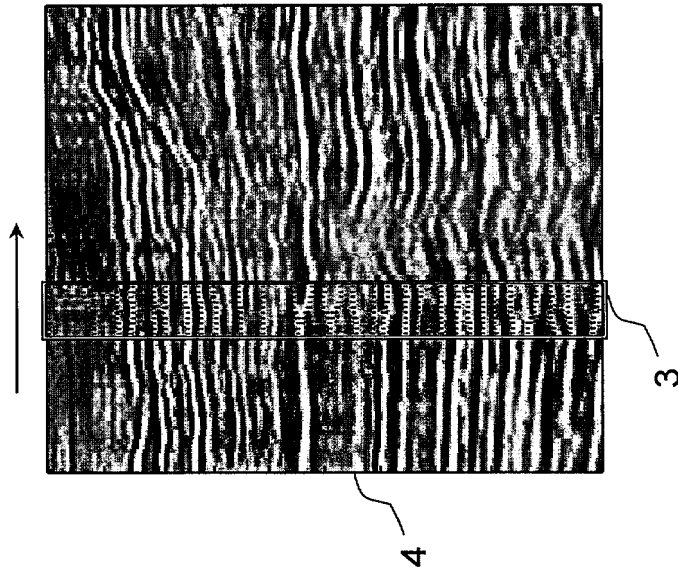


Figure 3

FIGURE 5c

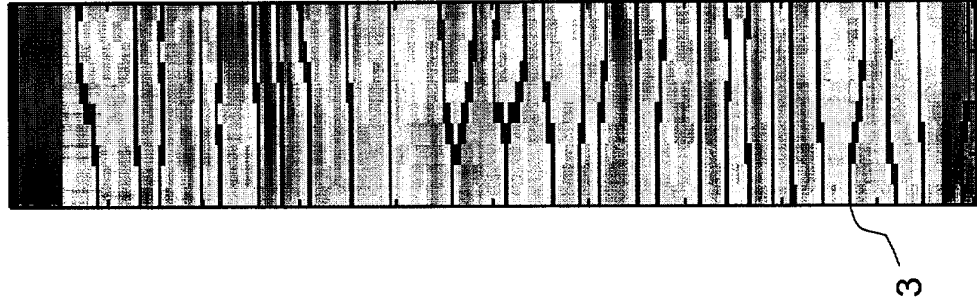


FIGURE 5b

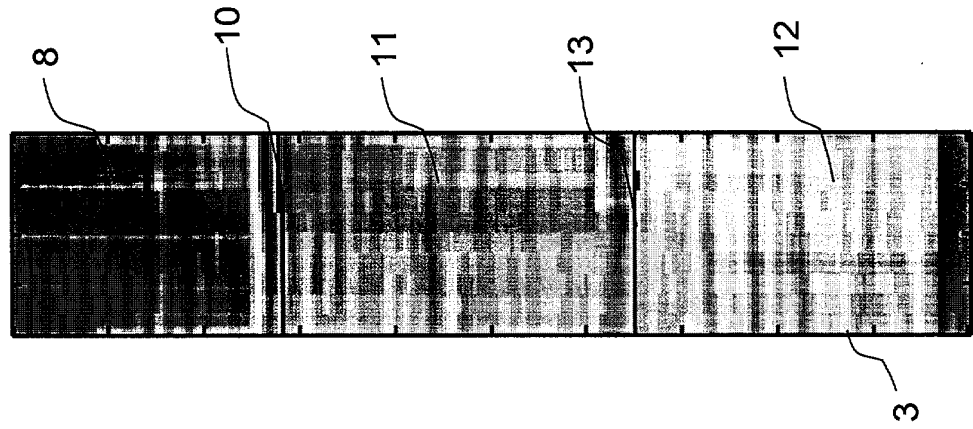
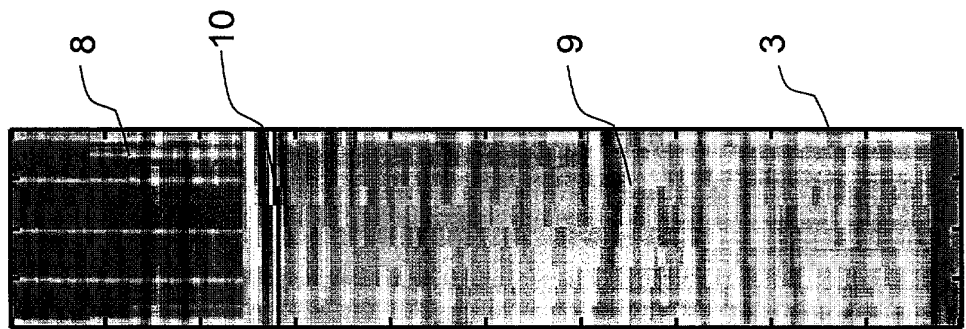


FIGURE 5a



● = P

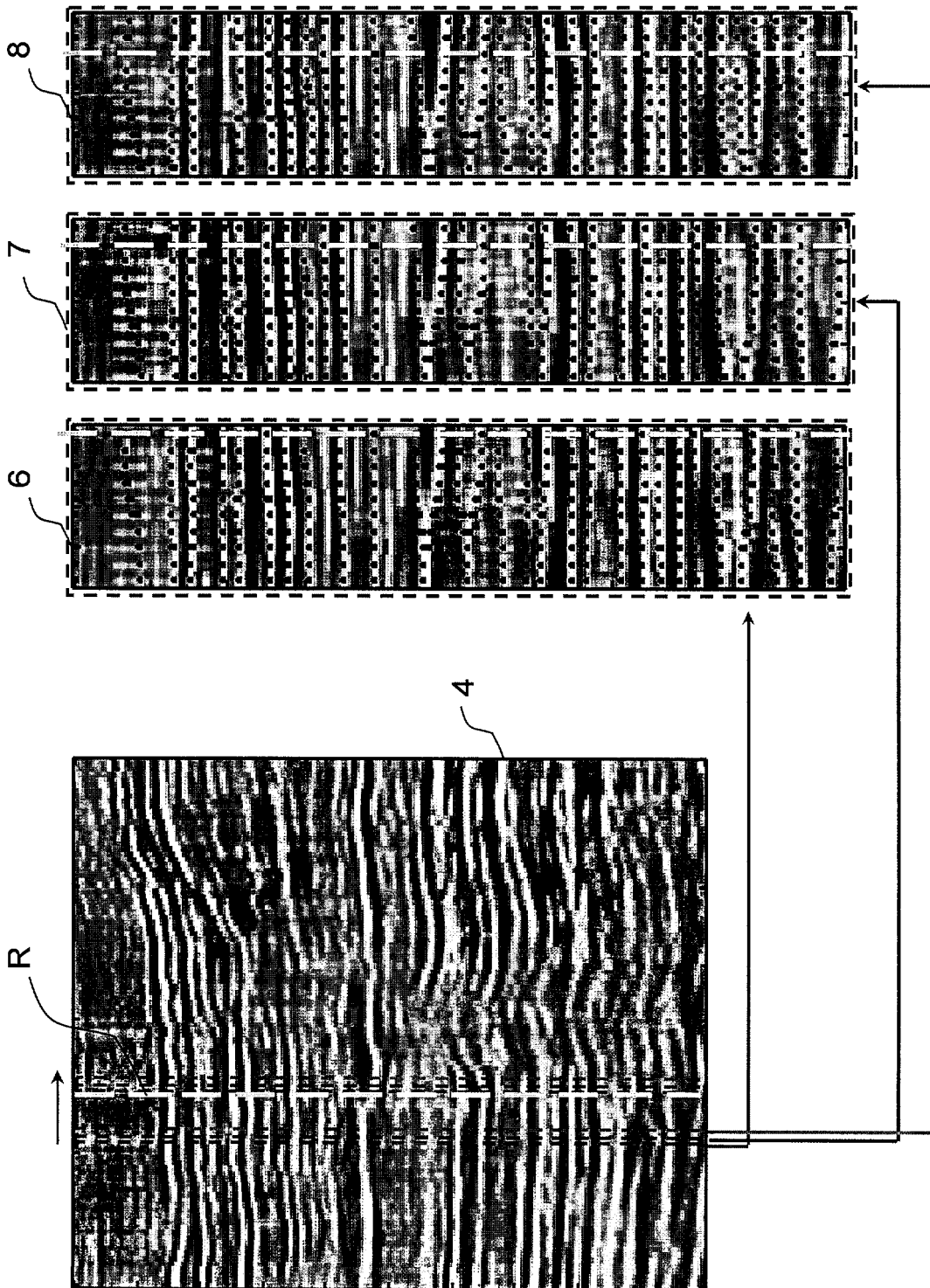


FIGURE 4

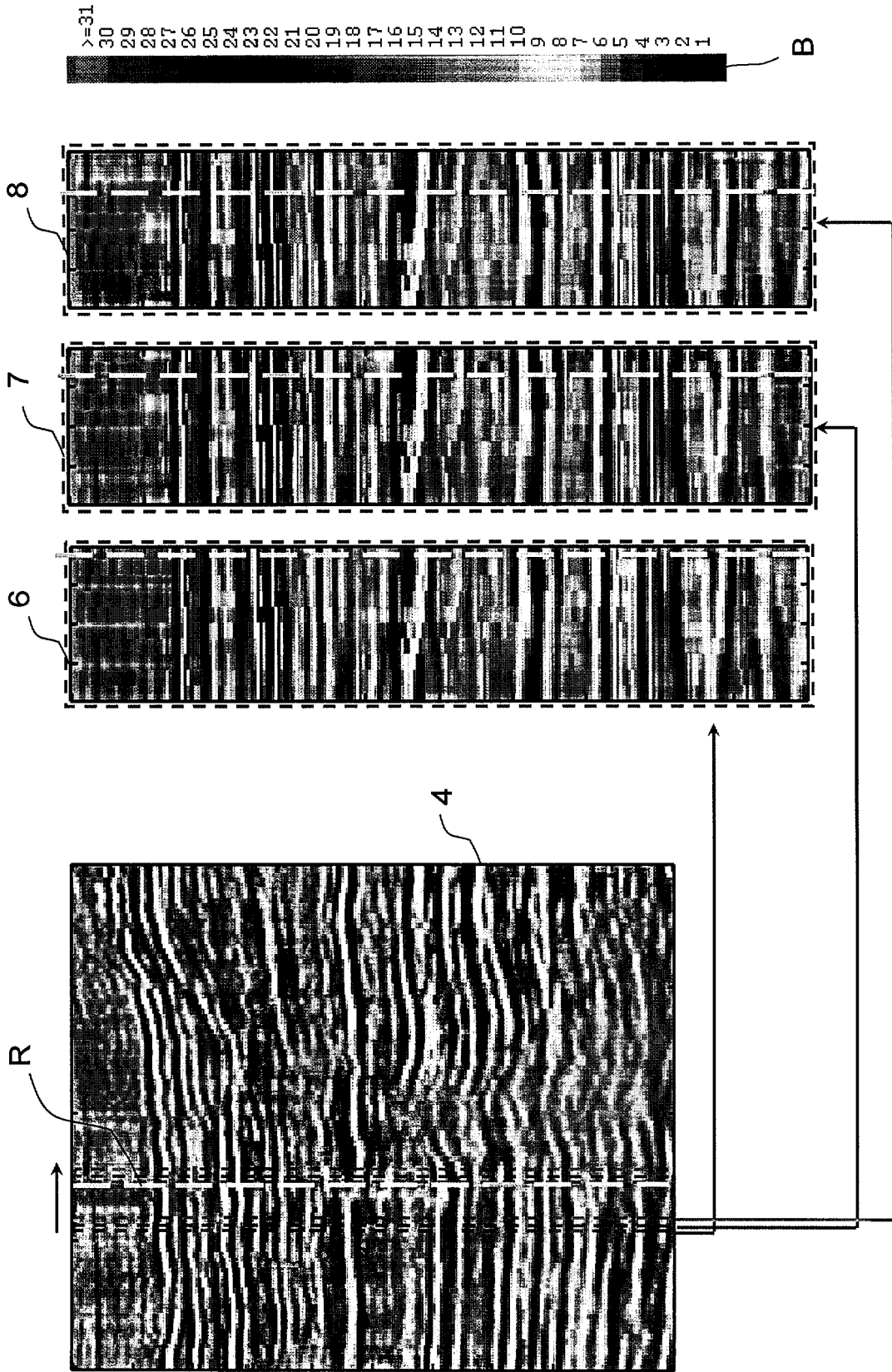


FIGURE 6

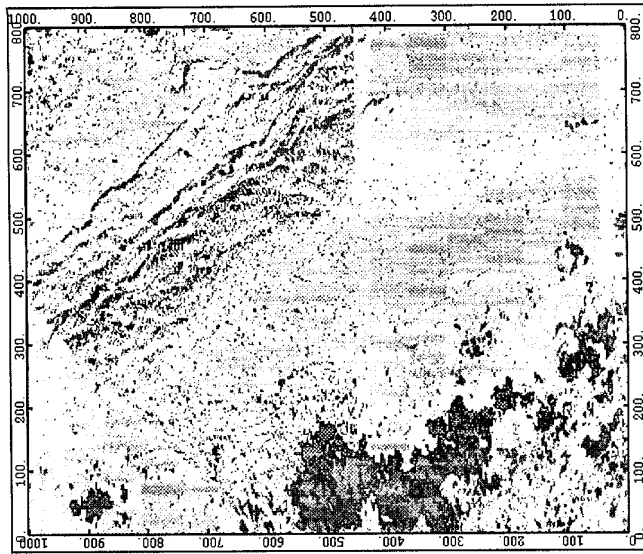


FIGURE 7c

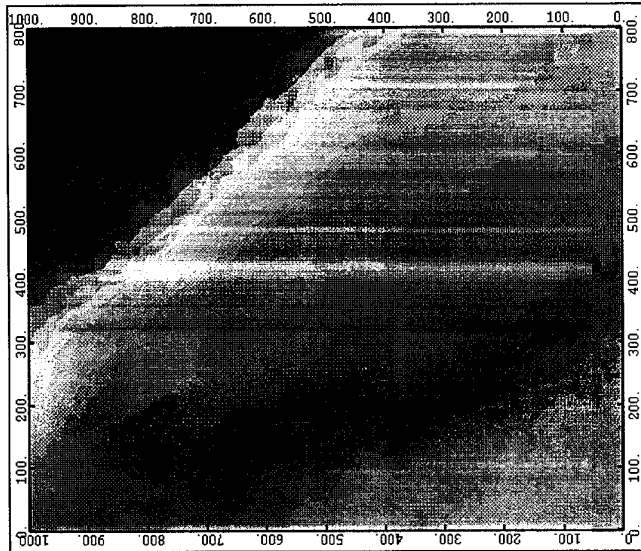


FIGURE 7b

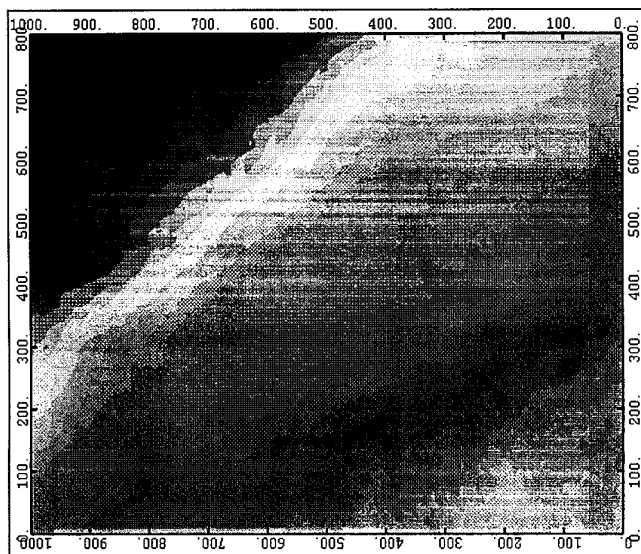


FIGURE 7a

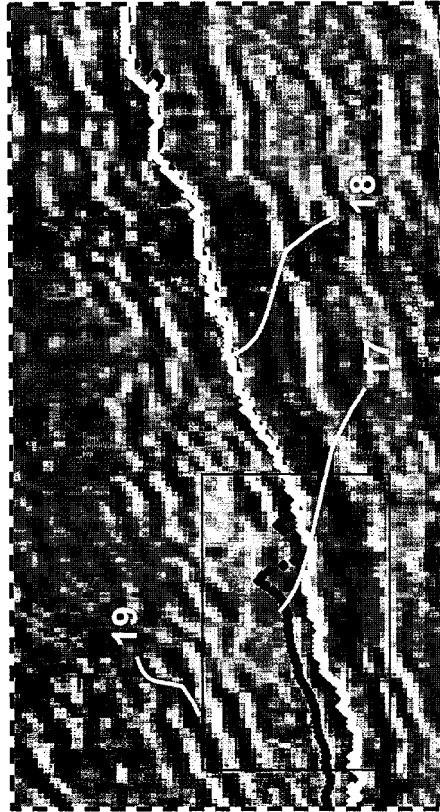


FIGURE 8b

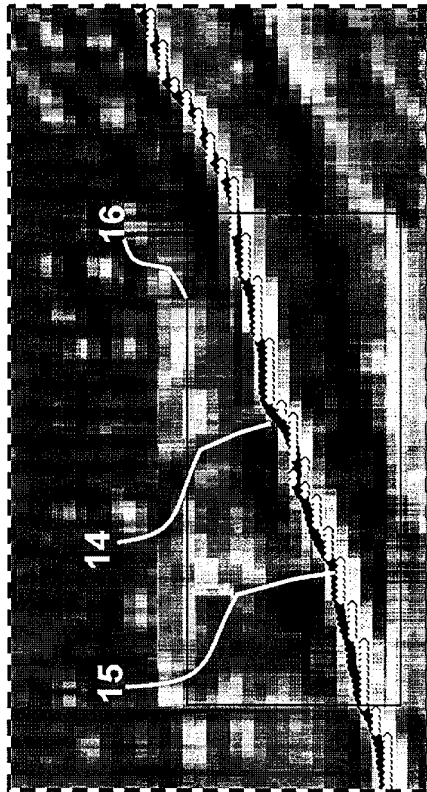


FIGURE 8a



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 663405
FR 0503793

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	KIMURA A ET AL: "Parallel volume segmentation with tetrahedral adaptive grid" PATTERN RECOGNITION, 2004. ICPR 2004. PROCEEDINGS OF THE 17TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON CAMBRIDGE, UK AUG. 23-26, 2004, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, vol. 2, 23 août 2004 (2004-08-23), pages 281-286, XP010724295 ISBN: 0-7695-2128-2 * abrégé *	1-10	G06T7/00 G01V1/50
A	NAJMAN L ET AL: "GEODESIC SALIENCY OF WATERSHED CONTOURS AND HIERARCHICAL SEGMENTATION" IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, IEEE SERVICE CENTER, LOS ALAMITOS, CA, US, vol. 18, no. 12, décembre 1996 (1996-12), pages 1163-1173, XP000640564 ISSN: 0162-8828 * le document en entier *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	ZHEN ZHANG ET AL: "A KNOWLEDGE-BASED SYSTEM CONTROLLED BY AN ITERATIVE QUADTREE SPLITTING SCHEME FOR SEGMENTATION OF SEISMIC SECTIONS" IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 26, no. 5, 1 septembre 1988 (1988-09-01), pages 518-524, XP000106182 ISSN: 0196-2892 * section III *	1-10	G01V G06T
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 février 2006		Bouchaâla, N	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet 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</p>	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 2



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

N° d'enregistrement
national

FA 663405
FR 0503793

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 2003/204311 A1 (BUSH RONALD R) 30 octobre 2003 (2003-10-30) * abrégé; figure 15 *	1-10	
A	DORN G A: "MODERN 3-D SEISMIC INTERPRETATION" LEADING EDGE, THE, SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS, TULSA, OK, US, vol. 17, no. 9, septembre 1998 (1998-09), pages 1262-1264,1266,, XP000786959 ISSN: 1070-485X * le document en entier *		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		22 février 2006	Bouchaâla, N
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 0503793 FA 663405

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 22-02-2006

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 2003204311 A1	30-10-2003	AUCUN	
