

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 07.07.97.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 08.01.99 Bulletin 99/01.

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

⑥③ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : ELF EXPLORATION PRODUCTION  
SOCIETE ANONYME — FR.

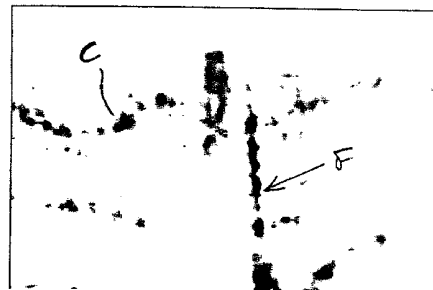
⑦② Inventeur(s) :

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CABINET FEDIT LORiot.

⑤④ METHODE DE DETECTION ET/OU DE DETERMINATION DE CARACTERISTIQUES LIEES A DES POINTS  
REMARQUABLES D'UNE IMAGE.

⑤⑦ Méthode de détection et/ ou de détermination de ca-  
ractéristiques liées à des points remarquables d'une image.  
La méthode est caractérisée en ce qu'elle consiste à  
évaluer la variabilité d'un pendage local d'un premier point  
de l'image par rapport à au moins un autre point situé au voi-  
sinage dudit premier point, en calculant l'anisotropie locale  
sur le champ de gradients dudit point, ladite anisotropie  
étant dépendante de termes liés à une dispersion des orien-  
tations et au module des vecteurs gradients, et en ce qu'au  
moins un desdits termes est pondéré.



**Méthode de détection et/ou de détermination de caractéristiques liées à  
des points remarquables d'une image**

5

La présente invention concerne une méthode de détection et/ou de détermination de caractéristiques liées à des points remarquables d'une image multidimensionnelle donnée et susceptible d'être mise en oeuvre pour notamment la détection de contours virtuels susceptibles d'être présents dans  
10 ladite image.

Les contours virtuels résultent de la proximité de points remarquables regroupés ou non dans des supports longiformes, lesdits points remarquables étant notamment des points de jonction, des points anguleux ou encore des points de terminaison.

15

Un observateur humain, lorsqu'il étudie ou interprète une image, quelle que soit la nature de ladite image, tente de déterminer les contours de ce qui pourrait être considéré comme étant un évènement caractéristique de l'image. La transposition de cette faculté d'observation de l'oeil humain dans un système d'interprétation automatique s'avère très délicate et il est, en  
20 général, difficile d'élaborer et d'appliquer des opérateurs rendant compte d'une impression subjective. En général, un contour virtuel, désigné parfois par les expressions de contour subjectif ou perceptuel, est repéré par l'oeil en deux étapes, l'une détectant les terminaisons et l'autre s'efforçant d'établir les relations de connexité entre lesdites terminaisons.

25

Il existe des méthodes susceptibles de détecter des points remarquables d'une image. Une des méthodes est due aux travaux de J.P. COCQUEREZ et S. PHILIPP décrits dans un livre intitulé "Analyse d'images : filtrage et segmentation" (MASSON, 1995). Une autre méthode, due aux travaux de P. BAYLOU et al., est décrite dans un article intitulé  
30 "Evaluation de l'anisotropie des textures. Comparaison des méthodes appliquées à la caractérisation de matériaux" GRETSI 95, JUAN LES PINS, pages 1245-1248, 1995.

Toutefois, ces méthodes proposent de calculer l'anisotropie globale d'une image qui est donnée par la formule :

35

$$\text{Iso} = \frac{\sum_{i,j} G_i G_j |\alpha_{i,j}|}{\sum_{i,j} G_i G_j} \quad (1)$$

dans laquelle

$C_{i,j}$  sont des couples de pixels voisins (au sens de  $4v$ ),

$G_i$  et  $G_j$  sont les modules des gradients aux positions  $i$  et  $j$  de deux pixels  
5 voisins, et

$\alpha_{i,j}$  est l'angle formé par les vecteurs gradients des pixels  $i$  et  $j$ .

De telles déterminations de l'anisotropie globale ne font aucune  
différence entre les forts et faibles gradients et présentent, en conséquence,  
un faible pouvoir séparateur ou un pouvoir discriminatoire faible puisque les  
10 vecteurs gradients de tous les pixels sont pris en considération. De plus, elles  
nécessitent de calculer tous les angles formés entre les vecteurs gradients  
ainsi que leurs arguments car  $\alpha_{i,j} = \arg(\vec{G}_i) - \arg(\vec{G}_j)$ . Enfin, ces méthodes  
sont très sensibles aux bruits et ne permettent pas de procéder à une  
distinction entre les vecteurs gradients attachés à un point remarquable et  
15 ceux attachés à un bruit. Ainsi, la sélectivité obtenue par ces méthodes est  
vraiment très réduite.

La présente invention a pour but de proposer une méthode qui  
permette de transformer une image initiale donnée en une autre image ou  
représentation dans laquelle sont mises en valeur des caractéristiques  
20 spécifiques de l'image initiale. Cette méthode considère la cohérence  
directionnelle des vecteurs gradients selon des cliques d'ordre 2.

Un autre but de la présente invention est de proposer une méthode  
qui soit applicable quelle que soit la nature de l'image initiale, comme par  
exemple une image sismique, une image médicale dans laquelle on veut  
25 mettre en évidence notamment l'embranchement ou la division des vaisseaux  
sanguins, une image aérienne pour mettre en évidence notamment un  
croisement de routes, un lieu ou un objet caractéristique. Dans ce qui suit on  
donne l'exemple d'une image sismique dans laquelle on souhaite mettre en  
valeur des caractéristiques sismiques relatives notamment à des horizons  
30 sismiques, à des limites de zones (contours), à des textures chaotiques ou  
chenalisantes, sans considérer cette énumération comme exhaustive.

Un objet de la présente invention est une méthode de détection et de détermination de caractéristiques d'une image multidimensionnelle liées à des points remarquables de ladite image, qui est caractérisée en ce qu'elle consiste à évaluer la variabilité d'un pendage local d'un premier point de  
5 l'image par rapport à au moins un autre point situé au voisinage dudit premier point, en calculant l'anisotropie locale sur le champ de gradients dudit point, ladite anisotropie étant dépendante de termes liés à une dispersion des orientations et au module des vecteurs gradients, et en ce qu'au moins un desdits termes est pondéré.

10 Selon une autre caractéristique, chacun desdits termes est pondéré.

Selon une autre caractéristique, la pondération est réalisée en élevant au moins un desdits termes à une puissance.

15 Selon une autre caractéristique, chacun des termes est élevé à une puissance dont le facteur de puissance est différent d'un terme à l'autre.

Selon une autre caractéristique, la pondération est effectuée en fonction de la nature du point remarquable à détecter.

Selon une autre caractéristique, la méthode est appliquée à une image sismique.

20 Selon une autre caractéristique, les points à détecter sont des points sélectionnés parmi les points de jonction, les points anguleux ou les points terminaisons.

Un avantage de la présente invention réside dans le fait qu'on ne détecte que les points remarquables qui présentent un caractère discontinu et ce, au moyen d'un opérateur de mesure d'anisotropie locale du champ de gradients autour desdits points remarquables car on a constaté que localement, le long d'un contour, les gradients présentent une distribution fortement anisotrope avec une direction dominante orthogonale audit contour, alors qu'aux points remarquables la distribution des gradients est  
25 plus isotrope.  
30

Un autre avantage de la présente invention est que l'opérateur est paramétrable, ce qui permet de l'adapter en fonction du type de point remarquable à détecter et/ou à mettre en valeur ainsi que du rapport signal/bruit. En d'autres termes, on peut ajuster la pondération de chacun

des termes de l'opérateur en fonction de la nature du point remarquable à détecter.

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront à la lecture de la description de la méthode selon l'invention, ainsi que des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une image extraite d'une section sismique présentant une faille et un chenal,
- la figure 2 est une représentation de l'anisotropie de l'image de la figure 1,
- 10 - la figure 3 est une image extraite d'une section sismique présentant un chenal,
- les figures 4 et 5 sont des représentations de l'anisotropie de l'image de la figure 3.

La présente invention utilise un opérateur qui permet d'analyser la dispersion locale des orientations du vecteur gradient des pixels d'une image. En effet, localement et le long de contours délimitant, par exemple une faille ou un chenal, comme ceux représentés sur les figures 1 et 3, les gradients des points (pixels) ont une distribution fortement anisotrope c'est-à-dire que la direction dominante est orthogonale au contour, sauf aux points de ruptures, aux points anguleux ou aux points triples sur lesquels la distribution des gradients est plus isotrope. Selon l'invention, on mesure le degré d'anisotropie de la distribution des gradients.

Afin d'évaluer la variabilité de l'orientation des gradients, on détermine localement l'anisotropie pour chaque pixel d'une image plutôt que globalement sur toute l'image. La détermination qu'on effectue consiste à calculer les différences d'orientation pour des couples de points voisins, par exemple pour des couples de pixels voisins, lesdites différences étant pondérées par les modules des gradients des pixels considérés.

Si on utilisait la formule générale (1), il faudrait mesurer les arguments des gradients puisque l'angle  $\alpha_{i,j}$  entre les deux directions est égal à  $\arg(\vec{G}_i) - \arg(\vec{G}_j)$ .

Pour éviter la mesure des angles  $\alpha_{i,j}$ , on propose de remplacer le numérateur de la formule (1) par  $\sum G_i G_j |\sin \alpha_{i,j}|$  c'est-à-dire  $\sum |\vec{G}_i \wedge \vec{G}_j|$  qui donne la formule suivante :

$$I = \frac{\sum |\vec{G}_i \wedge \vec{G}_j|}{\sum G_i G_j} \quad (2)$$

Le calcul qui résulte de l'application de la formule (2) est moins coûteux car seules des multiplications sont à effectuer.

5 La détermination de l'anisotropie effectuée à l'aide de ce calcul s'est révélée peu sensible aux amplitudes des gradients, les zones de faibles gradients pouvant donner des résultats similaires à ceux obtenus pour des zones de forts gradients.

10 Un autre aspect de l'invention est de changer le facteur de normalisation qui est représenté par le dénominateur des formules (1) ou (2), ce qui conduit privilégier les pixels de fort gradient. La détermination de l'anisotropie à effectuer est alors calculée par la formule :

$$I = \frac{\sum |\vec{G}_i \wedge \vec{G}_j|}{\sum G_i} \quad (3)$$

15

L'anisotropie locale calculée avec la formule (3) permet alors de détecter uniquement les points caractéristiques de fort gradient alors qu'avec la formule (2), les points sont détectés indépendamment de la norme de leur gradient, seule intervient la dispersion angulaire des gradients.

20

Les points à détecter ayant des propriétés différentes suivant le type d'image à traiter, il est proposé selon un autre aspect de l'invention de pondérer le facteur de dispersion angulaire des gradients représenté par le numérateur de la formule (3) et/ou le facteur de normalisation.

De la sorte, l'anisotropie est mesurée à l'aide de la formule :

25

$$I = \frac{\sum (G_i G_j)^n |\sin \alpha_{i,j}|^p}{\sum (G_i G_j)^q} = \frac{\sum (G_i G_j)^{n-p} |\vec{G}_i \wedge \vec{G}_j|^p}{\sum (G_i G_j)^q} \quad (4)$$

dans laquelle

30 -  $G_i$  et  $G_j$  sont les modules des vecteurs gradients  $\vec{G}_i$  et  $\vec{G}_j$  aux pixels voisins  $i$  et  $j$  considérés et qui appartiennent à l'ensemble des cliques d'ordre 2, au sens du voisinage  $4v$ , dans le plan le gradient utilisé étant

notamment le gradient de DERICHE tel qu'explicité par exemple dans le livre de J.P. COCQUEREZ et S. PHILIPP "Analyse d'images : filtrage et segmentation", MASSON, 1995,

- n est un paramètre qui gère l'influence de l'amplitude des gradients,
- 5 - p est un paramètre qui gère l'influence de la variation angulaire des couples de vecteurs gradients sur l'anisotropie,
- q est un paramètre qui gère également l'influence de l'amplitude des gradients et qui doit être combiné avec le paramètre n, car lorsqu'on augmente le paramètre q, on limite l'effet du paramètre n et on atténue la
- 10 contribution des forts gradients.

Lorsqu'on souhaite détecter les points dont le gradient est de forte amplitude, constitués par exemple par les points de contours bien marqués, alors on augmente le paramètre n et on diminue le paramètre q. Cela permet de limiter les fausses détections dans les régions bruitées dans lesquelles les

15 points présentent un champ de gradient isotrope mais de faibles amplitudes.

Lorsqu'on augmente le paramètre p, la fonction  $\sin^p$  devient très sélective autour de  $\pi/2$  et on ne détecte plus à la limite que les points des contours situés sur un angle droit. Ainsi, lorsqu'on augmente le paramètre p, les angles importants sont privilégiés et l'anisotropie n'est alors sensible

20 qu'aux fortes variations angulaires.

De ce qui précède, on constate que suivant la nature des points qu'on désire détecter, on peut donner à chacun des trois paramètres n, p et q les valeurs les plus appropriées à ces points.

Des exemples d'application sont donnés à propos des figures 1 à

25 5.

La figure 1 est une image extraite d'une section sismique présentant une faille F et un chenal C. Afin de détecter les zones de ruptures qui comprennent des terminaisons ou des points triples et qui sont associées à des régions de forts gradients, on prend  $n=1$ ,  $p=1,5$  et  $q=0,5$ . Le choix de

30 n plus grand que q ( $n > q$ ) permet de tenir compte plus fortement des régions contrastées. Le choix de p plus grand que 1 permet d'être plus sélectif sur les variations de pendage.

Le calcul de l'anisotropie selon la méthode de la présente invention pour l'image conduit à une représentation de ladite anisotropie telle

que représentée sur la figure 2. On constate sur la figure 2 que la faille F et le chenal C sont bien détectés.

Pour l'image de la figure 3 qui est extraite d'une section sismique, on veut mettre en évidence la présence apparente d'un chenal.

5 Pour cette image de la figure 3, on a effectué deux déterminations de l'anisotropie dont les résultats sont représentés sur les figures 4 et 5.

La première détermination est effectuée avec :  $n=1,2$  ;  $p=0,5$  ;  $q=0,5$  et donne l'enveloppe du chenal qui est bien détecté comme cela apparaît sur la figure 4.

10 La deuxième détermination est effectuée avec :  $n=2$  ;  $p=2$  ;  $q=0,5$ , ce qui permet d'obtenir des points remarquables à l'intérieur du chenal, ainsi que cela apparaît sur la figure 5.

Selon un autre aspect de la présente invention, il est possible de procéder également à un filtrage. Pour cela, on effectue le calcul de l'anisotropie localement sur une fenêtre d'observation, en sommant les termes sur les couples de points qui sont voisins au sens 4v. Une fenêtre de taille 5x5 ou 7x7 suffit à donner de bons résultats. Si l'on désire pondérer la contribution de chaque couple de points en fonction de leur écart au centre de la fenêtre d'observation, on peut utiliser un filtre passe-bas du type  
20 DERICHE dont la réponse impulsionnelle est :

$$f(x) = \frac{(1 - e^{-\alpha})^2}{1 + 2\alpha e^{-\alpha} - e^{-2\alpha}} (1 + \alpha|x|) e^{-\alpha|x|} \quad (5)$$

Le choix de  $\alpha$  permet de gérer la largeur de la fenêtre de calcul ;  
25 en pratique on choisit  $\alpha \approx 1$ .

On calcule alors deux images, l'une étant représentative du numérateur et l'autre étant représentative du dénominateur de la formule (5), en ne considérant que les couples de points voisins incluant le point courant. Chaque composante est ensuite filtrée récursivement avant de calculer  
30 l'isotropie comme le rapport de deux images filtrées.

Le passage d'une image bidimensionnelle (2D) à une image tridimensionnelle (3D) est une simple extension en prenant pour chaque point le gradient 3D et en considérant le voisinage au sens de 6v.



## REVENDICATIONS

- 5 1. Méthode de détection et de détermination de caractéristiques d'une image multidimensionnelle liées à des points remarquables de ladite image, caractérisée en ce qu'elle consiste à évaluer la variabilité d'un pendage local d'un premier point de l'image par rapport à au moins un autre point situé au voisinage dudit premier point, en calculant l'anisotropie locale sur le champ  
10 de gradients dudit point, ladite anisotropie étant dépendante de termes liés à une dispersion des orientations et au module des vecteurs gradients, et en ce qu'au moins un desdits termes est pondéré.
2. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que chacun desdits termes est pondéré.
- 15 3. Méthode selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que la pondération est réalisée en élevant au moins un desdits termes à une puissance.
4. Méthode selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que chacun des termes est élevé à une puissance dont le facteur de puissance est  
20 différent d'un terme à l'autre.
5. Méthode selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que la pondération est effectuée en fonction de la nature du point remarquable à détecter.
6. Méthode selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce  
25 qu'elle est appliquée à une image sismique.
7. Méthode selon la revendication 6, caractérisée en ce que les points caractéristiques à détecter sont des points sélectionnés parmi les points de jonction, les points anguleux ou les points terminaisons.

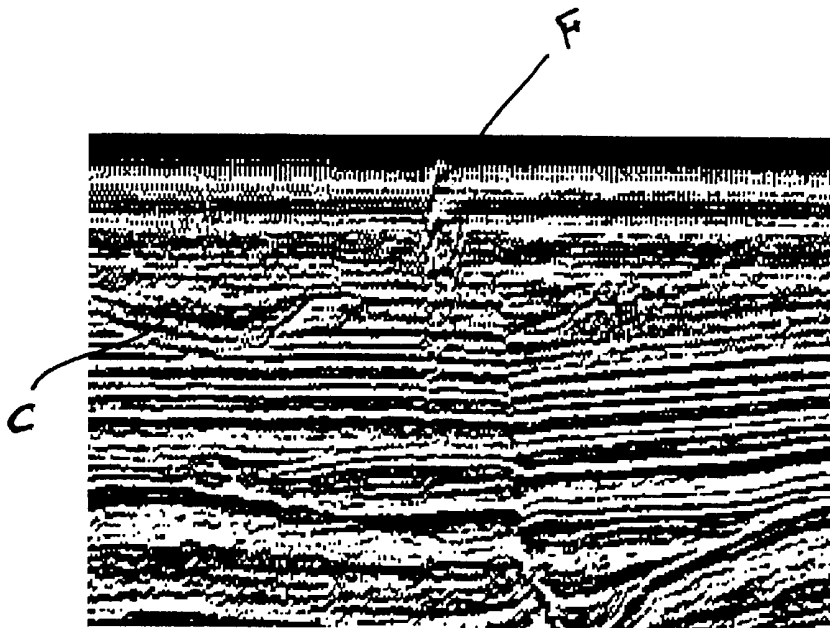


Figure 1

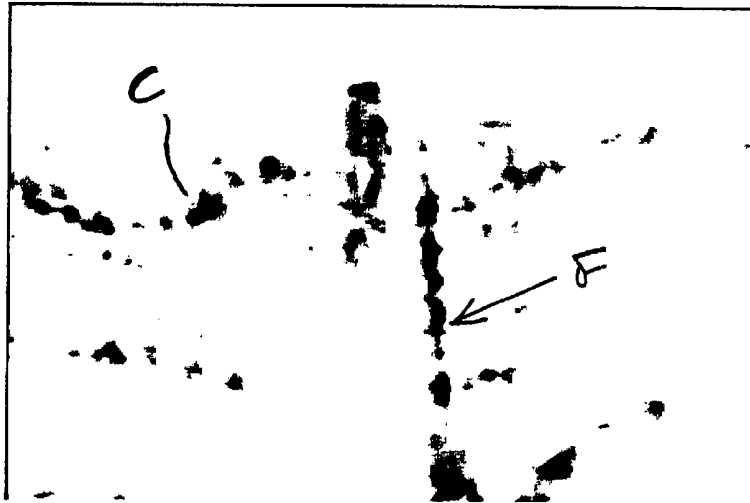


Figure 2

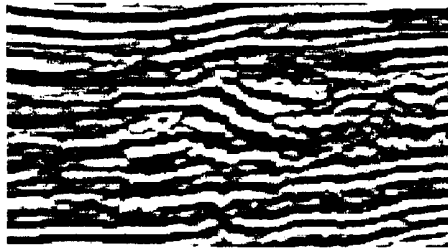


Figure 3

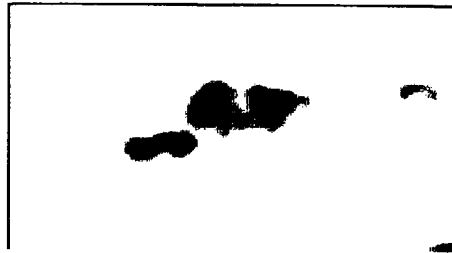


Figure 4

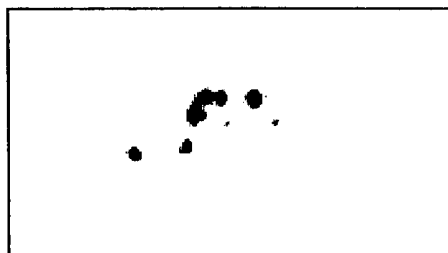


Figure 5

INSTITUT NATIONAL

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE

de la

PROPRIETE INDUSTRIELLE

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

FA 547694

FR 9708602

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	PITAS I ET AL: "TEXTURE ANALYSIS AND SEGMENTATION OF SEISMIC IMAGES" MULTIDIMENSIONAL SIGNAL PROCESSING, AUDIO AND ELECTROACOUSTICS, GLASGOW, MAY 23 - 26, 1989, vol. VOL. 3, no. CONF. 14, 23 mai 1989, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, pages 1437-1440, XP000089134 * le document en entier * * figure 2 * ---	1,6,7
A	WO 97 13166 A (AMOCO CORP) 10 avril 1997 * le document en entier * ---	1,6,7
A	US 5 226 019 A (BAHORICH MICHAEL S) 6 juillet 1993 * abrégé; figures 6,7 * ---	1,6,7
A	GB 2 279 457 A (PHILLIPS PETROLEUM CO) 4 janvier 1995 * abrégé; revendications 1,2; figures 1-4 * ---	1,6,7
A	MORRIS D: "COHERENCE CUBE TECHNOLOGY ADDS GEOLOGIC INSIGHT TO 3-D DATA" WORLD OIL, vol. 218, no. 5, mai 1997, page 80, 82, 84 XP000703907 * le document en entier * ---	1,6,7
A	US 4 908 872 A (TORIU TAKASHI ET AL) 13 mars 1990 * abrégé; revendications 1,6; figures 1,2,4-7 * * colonne 7, ligne 15 - colonne 8, ligne 10 * --- -/--	1
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
20 avril 1998		De Bekker, R
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>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</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 &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P/MC13)

INSTITUT NATIONAL

RAPPORT DE RECHERCHE PRELIMINAIRE

de la

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

PROPRIETE INDUSTRIELLE

FA 547694  
FR 9708602

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US 5 003 618 A (MENO FRANK) 26 mars 1991 * abrégé; figures 2,4,6 * ---	1
A	US 5 572 565 A (ABDEL-MOTTALEB MOHAMED) 5 novembre 1996 * abrégé; figure 2 * ---	1
A	PITAS I.: "AGIS: an expert system for automated geophysical interpretation of seismic images" ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING, DALLAS, APRIL 6-9 1987, vol. 4, no. CONF., 6 avril 1987, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, pages 2256-2259, XP002062610 * le document en entier * -----	1,6,7
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
20 avril 1998		De Bekker, R
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>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</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 &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1593 03.82 (P04C13)