



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

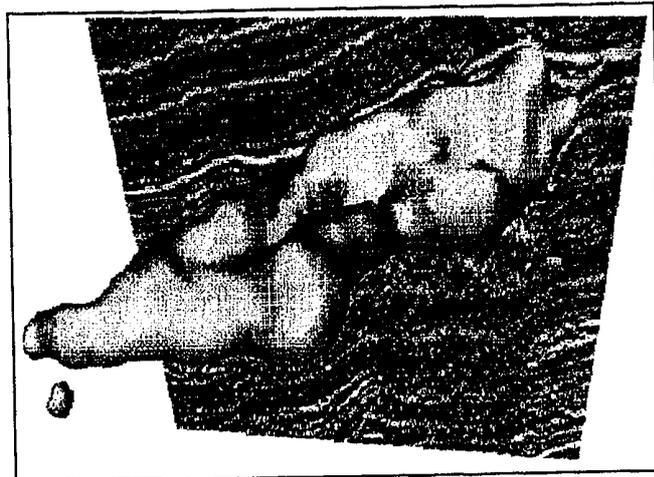
(51) Classification internationale des brevets ⁷ : G06T 7/00	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/31687 (43) Date de publication internationale: 2 juin 2000 (02.06.00)
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/02679</p> <p>(22) Date de dépôt international: 3 novembre 1999 (03.11.99)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 98/14533 19 novembre 1998 (19.11.98) FR</p> <p>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): ELF EXPLORATION PRODUCTION [FR/FR]; Tour Elf, 2, place de la Coupole, La Défense 6, F-92400 Courbevoie (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): KESKES, Naamen [FR/FR]; 4, allée Constance Bonacieux, F-64000 Pau (FR). PAUGET, Fabien [FR/FR]; 56, avenue du Loup, F-64000 Pau (FR).</p> <p>(74) Mandataire: LEVY, David; S.A. Fedit-Loriot et Autres, Conseils en Propriété Industrielle, 38, avenue Hoche, F-75008 Paris (FR).</p>	<p>(81) Etats désignés: BR, CA, NO, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p>Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i></p>	

(54) Title: METHOD FOR DETECTING CHAOTIC STRUCTURES IN A SPECIFIC ENVIRONMENT

(54) Titre: METHODE DE DETECTION DE STRUCTURES CHAOTIQUES DANS UN MILIEU DONNE

(57) Abstract

The invention concerns a method for detecting chaotic structures in a specific environment which consists in calculating all the components of the luminous intensity gradient vector E in all points of a window F , centred on a point of a block representing the milieu. Said method is characterised in that it further consists in: summing all the elementary matrices M for all the points of the window F ; diagonalizing said matrix sum A to determine its characteristic values $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$; quantifying in the centre of the window, the minimal aggregate error of the optical flux vector U on the basis of said characteristic values $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ and with the constraint $U^T \times D = 1$; eliminating the contribution of the greatest characteristic value; defining a multidirectional error by integrating it in the plane defined by the characteristic vectors corresponding to the remaining characteristic values; assigning the multidirectional error to the image point whereon is centred the window F , and computing the multidirectional errors assigned to all the image points of the image block.



is centred the window F , and computing the multidirectional errors assigned to all the image points of the image block.

(57) Abrégé

Elle est du type consistant à: calculer les composantes du vecteur gradient intensité lumineuse E en tout point d'une fenêtre F, centrée sur un point d'un bloc représentatif du milieu, et elle est caractérisée en ce qu'elle est caractérisée en ce qu'elle consiste en outre à effectuer la somme des matrices élémentaires M pour tous les points de la fenêtre F, diagonaliser ladite matrice somme A pour déterminer ses valeurs propres $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, quantifier au centre de la fenêtre, l'erreur globale minimale du vecteur flux optique U en fonction desdites valeurs propres λ_1, λ_2 et λ_3 , et avec la contrainte $U^T \cdot xD = 1$, éliminer la contribution de la valeur propre la plus grande, définir une erreur multidirectionnelle en l'intégrant dans le plan défini par les vecteurs propres correspondant aux valeurs propres restantes, affecter l'erreur multidirectionnelle au point image sur lequel est centrée la fenêtre F, et calculer les erreurs multidirectionnelles affectées à tous les points images du bloc image.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MX	Mexique	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MW	Malawi	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

*Méthode de détection de structures chaotiques
dans un milieu donné*

5

La présente invention concerne une méthode de détection de structures chaotiques dans un milieu donné.

Une structure chaotique est une région tridimensionnelle d'un milieu à l'intérieur de laquelle les variations d'intensité entre des pixels
10 voisins d'une image sont particulièrement anarchiques. De telles régions, considérées comme étant chaotiques, peuvent apparaître dans toute l'imagerie tridimensionnelle, comme par exemple dans l'imagerie médicale, l'imagerie sismique ; dans le cas de l'imagerie sismique, il s'agit de complexes chenalisants.

15

Lorsqu'on visualise un bloc sismique dans une direction donnée, la zone ou complexe chenalisant présente des mouvements particulièrement désorganisés. Pour détecter ou mettre en valeur le complexe chenalisant, il a été proposé de calculer en tout point l'erreur du flux optique selon un modèle dans lequel le champ de vecteurs vitesse est supposé constant
20 localement. Lorsqu'on met en œuvre la méthode de détection du complexe chenalisant mentionné ci-dessus, on s'aperçoit que les points situés à l'extérieur du complexe chenalisant correspondent bien au modèle utilisé car localement ils subissent tous à peu près le même mouvement. Dans ce cas, l'erreur du flux optique, qui représente l'écart entre la vitesse obtenue et
25 la vitesse idéale qui est une vitesse correspondant à une erreur nulle, est faible. A l'opposé, les points situés à l'intérieur du complexe chenalisant ont des mouvements très différents localement et l'hypothèse d'un champ uniforme devient alors inadéquate. En conséquence, l'erreur du flux optique, calculée dans un tel complexe, est nettement plus importante. Un
30 tel comportement ou une telle différence entre les erreurs de flux calculées permet de distinguer très simplement les complexes chenalisants sous la forme de régions tridimensionnelles. Mais le calcul du flux optique et l'erreur monodirectionnelle qui en découle restent tributaires de la direction de visualisation qui est arbitrairement choisie. Pour obtenir une détection
35 des complexes chenalisants plus robuste, il serait possible d'envisager de

calculer l'erreur du flux dans un grand nombre de directions. Toutefois, il ne serait pas concevable de moyenner les erreurs de flux calculées en présentant une sismique dans toutes les directions en raison d'un temps de calcul prohibitif.

5 On donne ci-dessous, la manière de calculer l'erreur du flux monodirectionnelle.

Soit un bloc d'images sismiques dont les axes sont x, y, z avec une direction de visualisation qui est confondue avec l'axe z, ladite direction de visualisation étant définie par le vecteur transposé $\Delta = [001]^T$ et la
10 composante du déplacement local U ou flux optique dans la direction Δ est unitaire. Le modèle à champ de vecteurs vitesse constant estime le vecteur transposé $U = [u, v, 1]^T$ en minimisant la somme W ci-après par la méthode des moindres carrés :

$$W = \sum_{i \in F} (E_{x_i} u + E_{y_i} v + E_{z_i})^2 \quad (1)$$

15

dans laquelle :

F est une fenêtre tridimensionnelle d'axes x, y, z, de dimensions $N*N*N$, N étant le nombre de pixels de l'image selon chacun des trois axes x, y, z.

20 E_{x_i} , E_{y_i} , E_{z_i} sont les dérivées partielles de l'intensité lumineuse au point i suivant les axes x, y et z.

Les composantes u et v sont calculées par les formules suivantes :

$$u = \frac{S_{xy} S_{yz} - S_{xz} S_{yy}}{S_{xx} S_{yy} - S_{xy}^2} \quad (2)$$

$$v = \frac{S_{xy} S_{xz} - S_{yz} S_{xx}}{S_{xx} S_{yy} - S_{xy}^2}$$

25

avec :

$$\begin{aligned}
 S_{xx} &= \sum_{i \in F} Ex_i^2 \\
 S_{yy} &= \sum_{i \in F} Ey_i^2 \\
 S_{xz} &= \sum_{i \in F} Ex_i Ez_i \\
 S_{xy} &= \sum_{i \in F} Ex_i Ey_i \\
 S_{yz} &= \sum_{i \in F} Ey_i Ez_i
 \end{aligned} \tag{3}$$

Dans le cas idéal où les déplacements des pixels situés à l'intérieur de la fenêtre F sont identiques, c'est-à-dire lorsque cela répond
 5 parfaitement au modèle à champ constant, la somme W est nulle. Dans les cas perturbés des complexes chenalissants, les déplacements des pixels situés à l'intérieur de la fenêtre F sont différents et alors la somme W est non nulle et elle est même très importante.

La présente invention a pour but, d'une part, de remédier aux
 10 inconvénients précités qui résident dans le fait que le calcul de l'erreur de flux est tributaire de la direction de visualisation et que le calcul de l'erreur dans toutes les directions de la sismique serait prohibitif, et d'autre part, de proposer une méthode qui permet de détecter des structures chaotiques de façon sûre et avec un temps de calcul considérablement réduit.

15 La présente invention a pour objet une méthode de détection de structures chaotiques dans un milieu donné, du type consistant à :

- a) représenter le milieu donné au moyen d'au moins une séquence d'images d'axes x et y et ordonnées suivant un axe z perpendiculaire de manière à constituer un bloc image d'axes x, y et z,
- 20 b) définir une fenêtre d'analyse F tridimensionnelle d'axes parallèles aux axes x, y et z,
- c) centrer la fenêtre F sur un point image du bloc,
- d) calculer les composantes selon les axes x, y et z du vecteur gradient intensité lumineuse E en tout point de la fenêtre F,
- 25 caractérisée en ce qu'elle consiste en outre à :

e) calculer une matrice élémentaire M en tout point de la fenêtre F et représentant le produit direct ExE^T où E^T est le vecteur transposé du vecteur gradient E ,

5 f) effectuer la somme des matrices élémentaires M pour tous les points de la fenêtre F , de manière à obtenir une matrice somme A qui est affectée audit point image sur lequel est centrée la fenêtre,

g) diagonaliser ladite matrice somme A pour déterminer ses valeurs propres $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, chaque valeur propre correspondant à un vecteur propre,

10 h) quantifier au point image, centre de la fenêtre, l'erreur globale minimale du vecteur flux optique U selon une direction orientée de vecteur unitaire D , en fonction desdites valeurs propres λ_1, λ_2 et λ_3 , et avec la contrainte $U^T \times D = 1$ où U^T est le vecteur transposé du vecteur U ,

15 i) éliminer la contribution de la valeur propre la plus grande dans la quantification de l'erreur du flux optique de manière à obtenir une quantification d'une erreur secondaire du flux optique en fonction des deux valeurs propres restantes pour ladite direction orientée ;

j) définir une erreur multidirectionnelle en intégrant l'erreur secondaire dans le plan défini par les vecteurs propres correspondant aux
20 valeurs propres restantes,

k) affecter l'erreur multidirectionnelle au point image sur lequel est centrée la fenêtre F , et

l) calculer les erreurs multidirectionnelles affectées à tous les points images du bloc image.

25 Un avantage de la présente invention réside dans le fait que l'erreur de flux calculée est multidirectionnelle c'est-à-dire qu'elle est calculée dans toutes les directions d'un plan défini par les vecteurs propres correspondant aux valeurs propres restantes.

30 Selon une autre caractéristique de la présente invention, il est seulement nécessaire de déterminer la formule représentative de l'erreur multidirectionnelle affectée à un point image puis de l'appliquer pour les valeurs propres de chaque matrice diagonalisée correspondant à chacun des autres points image du bloc analysé.

35 De ce fait, le temps de calcul pour l'ensemble des points image est considérablement réduit, ce qui permet d'analyser des blocs d'images

sismiques par exemple, de plus en plus grands et de plus en plus complexes dans des temps raisonnables comparés à ceux qui sont nécessaires pour la mise en œuvre des méthodes de l'art antérieur.

Selon une autre caractéristique, les erreurs multidirectionnelles sont sélectionnées en fonction d'un seuil qui peut être déterminé ou défini de proche en proche, de sorte qu'après avoir défini un seuil approprié, les valeurs des erreurs multidirectionnelles inférieures audit seuil approprié sont éliminées. Ainsi, les limites de l'enveloppe déterminée par les points correspondant à une erreur multidirectionnelle égale au seuil ajusté, correspondront aux limites du complexe chenalisant.

D'autres avantages et caractéristiques apparaîtront plus clairement à la lecture de la description d'une application de la méthode selon l'invention à un bloc d'images sismiques, ainsi que des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un bloc d'images sismiques,

- la figure 2 représente une image sismique du bloc de la figure 1 et comprenant la section par le plan de l'image d'un complexe chenalisant à détecter avec la méthode selon l'invention ;

- la figure 3 représente l'erreur multidirectionnelle de flux supérieure à un seuil et calculée à partir de l'image de la figure 2 ;

- la figure 4 est une représentation en 3D du complexe chenalisant contenu dans le bloc d'images sismiques de la figure 1 après mise en œuvre de la méthode selon l'invention.

La méthode, selon l'invention, appliquée à titre d'exemple à la détection de complexes chenalisants en sismique, consiste à constituer un bloc d'images sismiques 1 représentatif d'un milieu exploré. Le bloc 1 comprend une séquence d'images sismiques 2 d'axes x et y et ordonnées suivant une direction z orthogonale aux axes x et y. La séquence d'images 2 représente la succession des horizons sismiques présents dans le milieu. Une image sismique 2 du bloc 1 est représentée sur la figure 2. Une interprétation de l'image sismique 2 permet de constater la présence d'une zone 3 d'un complexe chenalisant qu'il est nécessaire de détecter dans le bloc 1 et de représenter dans un espace à trois dimensions. Les autres

images 2 du bloc 1 comprennent également des zones du même complexe chenalissant 3.

On définit une fenêtre d'analyse F tridimensionnelle d'axes parallèles aux axes x, y et z du bloc 1 et de dimensions N*N*N pixels qui est centrée sur un point image P_C du bloc 1.

On calcule les composantes suivant les axes x, y et z du vecteur gradient d'intensité lumineuse E en tout point i de ladite fenêtre d'analyse F. Puis on effectue le produit direct $E_x E^T$, E^T étant le vecteur transposé du vecteur E. Le résultat de ce produit est une matrice élémentaire M à trois lignes et trois colonnes.

Dans une autre étape, on effectue la somme des matrices élémentaires M pour tous les points i de la fenêtre d'analyse F de manière à obtenir une matrice somme A qui peut être écrite sous la forme :

$$A = \begin{bmatrix} \sum_{i \in F} E_{x_i}^2 & \sum_{i \in F} E_{x_i} E_{y_i} & \sum_{i \in F} E_{x_i} E_{z_i} \\ \sum_{i \in F} E_{x_i} E_{y_i} & \sum_{i \in F} E_{y_i}^2 & \sum_{i \in F} E_{y_i} E_{z_i} \\ \sum_{i \in F} E_{x_i} E_{z_i} & \sum_{i \in F} E_{y_i} E_{z_i} & \sum_{i \in F} E_{z_i}^2 \end{bmatrix}$$

dans laquelle : E_{x_i} , E_{y_i} et E_{z_i} sont les composantes du vecteur gradient E selon respectivement les axes x, y et z au point i.

On définit une fonction énergie J par la relation :

$$J = \sum_{i \in F} (E_{x_i} u + E_{y_i} v + E_{z_i} w)^2 \quad (5)$$

dans laquelle u, v et w sont les composantes du flux optique U au centre de la fenêtre F.

L'énergie J, sous forme matricielle, s'écrit :

$$J = U^T A U = [u, v, w] \begin{bmatrix} \sum_{i \in F} E_{x_i}^2 & \sum_{i \in F} E_{x_i} E_{y_i} & \sum_{i \in F} E_{x_i} E_{z_i} \\ \sum_{i \in F} E_{x_i} E_{y_i} & \sum_{i \in F} E_{y_i}^2 & \sum_{i \in F} E_{y_i} E_{z_i} \\ \sum_{i \in F} E_{x_i} E_{z_i} & \sum_{i \in F} E_{y_i} E_{z_i} & \sum_{i \in F} E_{z_i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} \quad (6)$$

dans laquelle :

U^T est le vecteur transposé du vecteur U ,

A est la matrice somme.

Le flux optique U recherché dans une direction quelconque de
 5 visualisation, de vecteur unitaire D , doit minimiser l'énergie J sous la
 contrainte $U^T D = 1$ car la composante du vecteur U dans la direction de
 visualisation est unitaire.

En diagonalisant la matrice somme centrale A de l'expression
 précédente, on obtient trois valeurs propres λ_1 , λ_2 et λ_3 et une base V_p de
 10 vecteurs propres. Dans cette base V_p , le vecteur déplacement ou flux
 optique U est défini par $[u_1, u_2, u_3]^T$ et la direction de visualisation est
 définie par $[x_1, x_2, x_3]^T$. Comme la composante du vecteur U dans la
 direction de visualisation est unitaire puisqu'il s'agit de la distance inter-
 images, il s'ensuit que la contrainte qui est définie par la relation $U^T D = 1$
 15 conduit à l'expression :

$$x_1 u_1 + x_2 u_2 + x_3 u_3 = 1 \quad (7)$$

Dans la base V_p , l'énergie J s'écrit :

$$J = [u_1, u_2, u_3] \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix} \quad (8)$$

20

La minimisation de l'énergie J , par exemple par le procédé des
 moindres carrés et sous la contrainte $U^T D = 1$ s'effectue en utilisant un
 opérateur de Lagrange α . Cela revient à minimiser l'expression suivante :

$$J = u_1^2 \lambda_1 + u_2^2 \lambda_2 + u_3^2 \lambda_3 + \alpha (x_1 u_1 + x_2 u_2 + x_3 u_3 - 1) \quad (9)$$

25

La minimisation consiste donc à mettre à zéro les dérivées
 partielles de J par rapport aux inconnues u_1 , u_2 , u_3 et α et à résoudre le
 système correspondant qui s'écrit :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial J}{\partial \alpha} = x_1 u_1 + x_2 u_2 + x_3 u_3 - 1 = 0 \\ \frac{\partial J}{\partial u_1} = 2u_1 \lambda_1 + \alpha x_1 = 0 \\ \frac{\partial J}{\partial u_2} = 2u_2 \lambda_2 + \alpha x_2 = 0 \\ \frac{\partial J}{\partial u_3} = 2u_3 \lambda_3 + \alpha x_3 = 0 \end{array} \right.$$

De cette manière et en remplaçant les variables u_1 , u_2 et u_3 par des expressions en fonction des valeurs propres λ_1 , λ_2 et λ_3 , on obtient l'expression de J qui quantifie l'erreur de flux dans la direction de visualisation :

$$J = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3}{\lambda_2 \lambda_3 x_1^2 + \lambda_1 \lambda_3 x_2^2 + \lambda_1 \lambda_2 x_3^2} = \frac{1}{\frac{x_1^2}{\lambda_1} + \frac{x_2^2}{\lambda_2} + \frac{x_3^2}{\lambda_3}} \quad (10)$$

La plus grande des valeurs propres de la matrice A , par exemple λ_1 , représente la variation d'intensité dans la direction de succession des horizons sismiques. La valeur propre λ_1 est, de ce fait, aussi importante sinon plus au niveau des horizons de forte intensité qu'à l'intérieur des complexes chenalisants. Or, si on se reporte à l'expression de J qui quantifie l'erreur de flux dans la direction de visualisation, on constate que plus λ_1 est grand, plus l'erreur de flux dans la direction de visualisation augmente. Dans ces conditions, si on tenait compte de la plus grande valeur λ_1 , on s'apercevrait que le contraste d'erreur entre le complexe chenalisant et le reste de la sismique serait fortement atténué et la détection du complexe chenalisant serait alors très difficile à effectuer. Selon l'invention, on élimine la contribution de la plus grande des valeurs propres et on calcule l'erreur secondaire de flux dans des directions où la valeur propre λ_1 n'a plus d'effet, c'est-à-dire dans les directions telles que x_1 , qui est la composante de D sur l'axe principal défini par λ_1 , soit nulle. Dans ces conditions et comme D est un vecteur unitaire, il est possible d'établir une relation entre x_2 et x_3 , du type :

$$x_3^2 = 1 - x_2^2 \quad \text{avec} \quad x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = 1 \quad \text{et} \quad x_1 = 0 \quad (11)$$

Ainsi, sous la condition $x_1 = 0$, l'erreur de flux secondaire J peut s'écrire sous la forme d'une fonction monoparamétrée définie dans l'intervalle $[-1, 1]$:

$$J'(x_2) = \frac{\lambda_2 \lambda_3}{\lambda_3 x_2^2 + \lambda_2 (1 - x_2^2)} \quad (12)$$

5

Pour définir une erreur multidirectionnelle, il est alors nécessaire d'intégrer l'erreur secondaire de flux dans le plan défini par les vecteurs propres correspondant aux valeurs propres restantes λ_2 et λ_3 .

En effet, étant donné que $J'(x_2) = J'(-x_2)$, le calcul de l'erreur de flux dans toutes les directions telles que $x_1 = 0$ s'effectue par la résolution de l'intégrale suivante :

$$SJ = 2 \int_0^1 \frac{\lambda_2 \lambda_3}{\lambda_3 x_2^2 + \lambda_2 (1 - x_2^2)} dx_2 \quad (13)$$

Le résultat de l'intégration conduit à l'expression suivante :

$$SJ = \lambda_3 \sqrt{\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_3}} \ln \left(\frac{1 + \sqrt{\frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_2}}}{1 - \sqrt{\frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_2}}} \right) \quad (14)$$

15

La valeur de SJ représente l'erreur de flux multidirectionnelle pour le point image sur lequel est centrée la fenêtre d'analyse dont la taille est par exemple $5*5*5$ c'est-à-dire qu'elle comprend 125 pixels.

Après quoi, on choisit un autre point image P_{C2} du bloc 1, la fenêtre d'analyse étant centrée sur ledit point P_{C2} . Ensuite et pour ce point image P_{C2} , on calcule les composantes du vecteur gradient d'intensité lumineuse à partir desquelles sont calculées les valeurs propres λ'_1 , λ'_2 et λ'_3 de la matrice somme A . Une fois que ces valeurs propres sont calculées et après avoir éliminé la plus grande de ces valeurs propres, λ'_1 par exemple,

20

on applique la formule SJ en remplaçant les valeurs propres λ_2 et λ_3 par les nouvelles valeurs propres λ'_2 et λ'_3 .

De proche en proche, on analyse, de la manière indiquée précédemment, chacun des points images du bloc 1.

5 De manière à bien délimiter les limites du complexe chenalisant, les valeurs de l'erreur de flux multidirectionnelle SJ sont seuillées pour ne retenir que les valeurs qui sont supérieures à un seuil qui peut être soit prédéterminé soit défini de proche en proche jusqu'à ce qu'un seuil approprié soit trouvé et qui corresponde à une différence significative entre
10 l'erreur de flux multidirectionnelle correspondant à des points situés en dehors du complexe chenalisant et l'erreur de flux multidirectionnelle correspondant à des points situés à l'intérieur du complexe chenalisant. Sur la figure 3, il est représenté l'erreur multidirectionnelle seuillée correspondant à la zone 3 du chenal du bloc image qui se trouve dans le
15 plan de l'image sismique 2.

Dans une dernière étape, les points retenus sont visualisés en trois dimensions pour obtenir un volume représentant le complexe chenalisant, ainsi que cela est représenté sur la figure 4.

REVENDICATIONS

- 5 1. Méthode de détection de structures chaotiques dans un milieu donné, du type consistant à :
- a) représenter le milieu donné au moyen d'au moins une séquence d'images d'axes x et y et ordonnées suivant un axe z perpendiculaire de manière à constituer un bloc image d'axes x, y et z,
 - 10 b) définir une fenêtre d'analyse F tridimensionnelle d'axes parallèles aux axes x, y et z,
 - c) centrer la fenêtre F sur un point image du bloc,
 - d) calculer les composantes selon les axes x, y et z du vecteur gradient intensité lumineuse E en tout point de la fenêtre F,
 - 15 caractérisée en ce qu'elle consiste en outre à :
 - e) calculer une matrice élémentaire M en tout point de la fenêtre F et représentant le produit direct $E \times E^T$ où E^T est le vecteur transposé du vecteur gradient E,
 - f) effectuer la somme des matrices élémentaires M pour tous les
20 points de la fenêtre F, de manière à obtenir une matrice somme A qui est affectée audit point image sur lequel est centrée la fenêtre,
 - g) diagonaliser ladite matrice somme A pour déterminer ses valeurs propres $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, chaque valeur propre correspondant à un vecteur propre,
 - 25 h) quantifier au point image, centre de la fenêtre, l'erreur globale minimale du vecteur flux optique U selon une direction orientée de vecteur unitaire D, en fonction desdites valeurs propres λ_1, λ_2 et λ_3 , et avec la contrainte $U^T \times D = 1$ où U^T est le vecteur transposé du vecteur U,
 - i) éliminer la contribution de la valeur propre la plus grande dans
30 la quantification de l'erreur du flux optique de manière à obtenir une quantification d'une erreur secondaire du flux optique en fonction des deux valeurs propres restantes pour ladite direction orientée ;
 - j) définir une erreur multidirectionnelle en intégrant l'erreur secondaire dans le plan défini par les vecteurs propres correspondant aux
35 valeurs propres restantes,

k) affecter l'erreur multidirectionnelle au point image sur lequel est centrée la fenêtre F, et

l) calculer les erreurs multidirectionnelles affectées à tous les points images du bloc image.

- 5 2. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'erreur multidirectionnelle affectée à un point image est donnée par la formule :

$$SJ = \lambda_3 \sqrt{\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_3}} \ln \left(\frac{1 + \sqrt{\frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_2}}}{1 - \sqrt{\frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_2}}} \right) \quad (14)$$

10 dans laquelle λ_2 et λ_3 , sont les valeurs propres les plus faibles de la matrice diagonalisée correspondant audit point image.

3. Méthode selon la revendication 2, caractérisée en ce qu'on effectue pour chaque point image les étapes c) à g) fournissant les valeurs propres de la matrice diagonalisée et on applique la formule de calcul d'erreur multidirectionnelle après avoir éliminé la plus grande des valeurs
15 propres.

4. Méthode selon une des revendications précédentes, caractérisée en ce que chaque erreur de flux multidirectionnelle est seuillée en fonction d'un seuil prédéterminé ou élaboré par des approches successives.

5. Méthode selon une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce
20 qu'elle est appliquée à un bloc constitué par une séquence d'images sismiques pour détecter des complexes chenalisants.

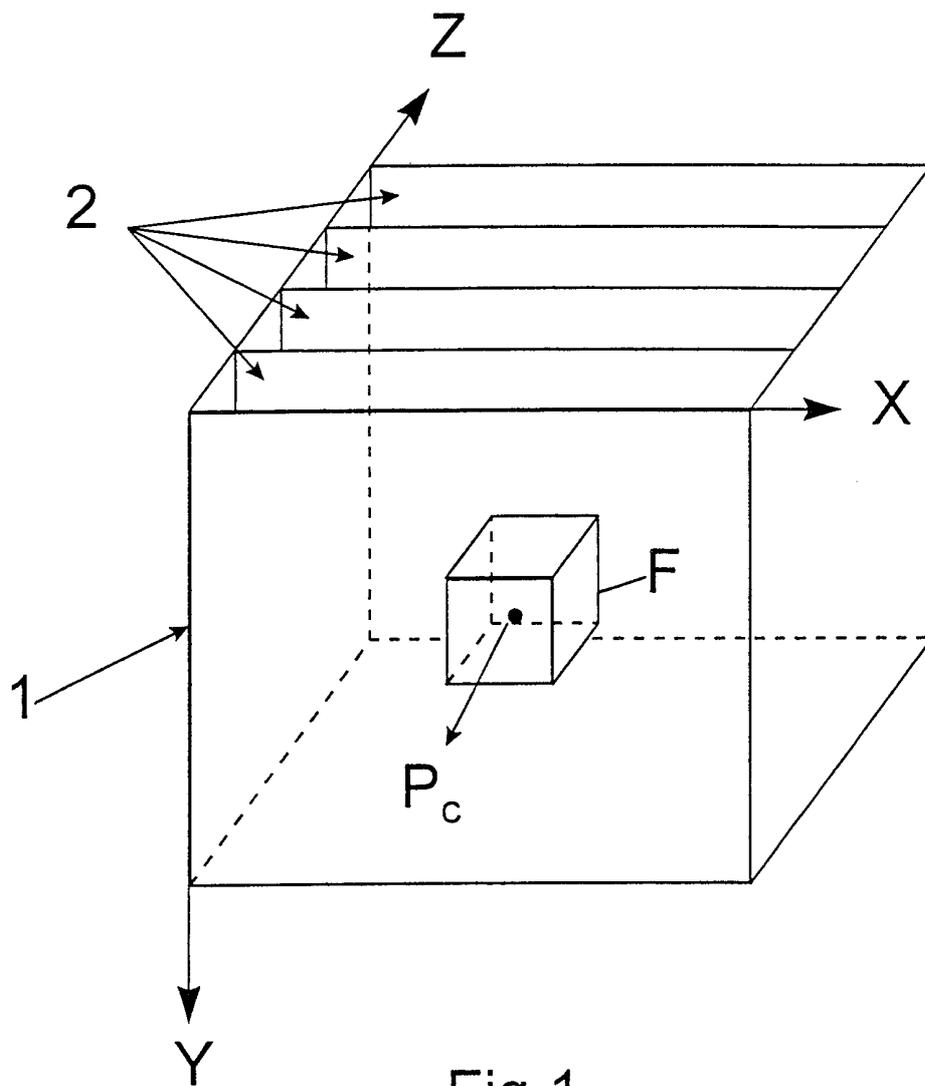


Fig 1

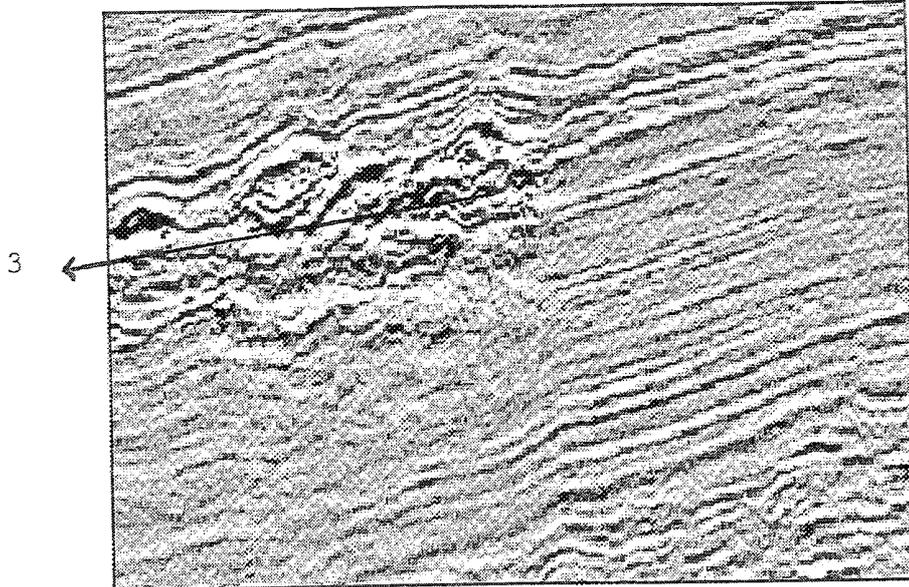


Fig 2

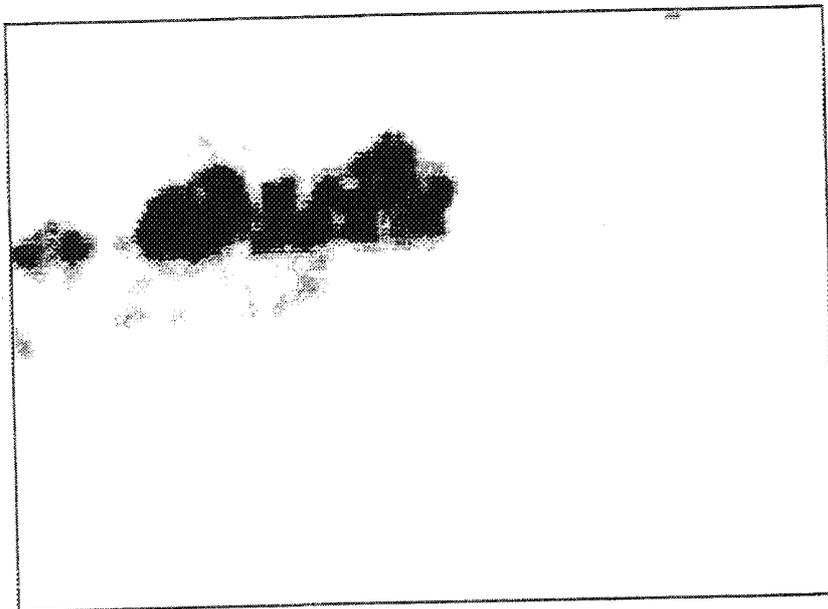


Fig 3

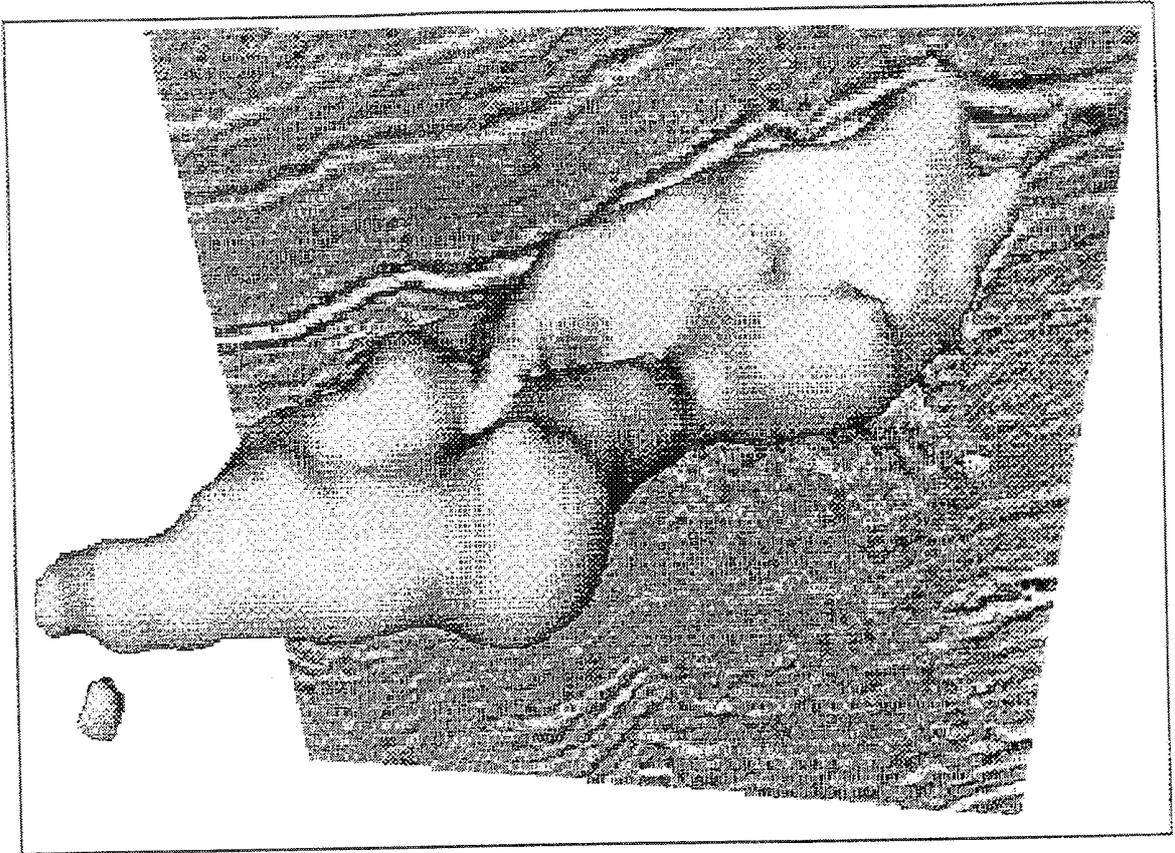


Fig 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 99/02679

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G06T7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G06T G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MORRIS D: "COHERENCE CUBE TECHNOLOGY ADDS GEOLOGIC INSIGHT TO 3-D DATA" WORLD OIL, vol. 218, no. 5, 1 May 1997 (1997-05-01), page 80, 82, 84 XP000703907 ISSN: 0043-8790 page 80 -page 82 ---	1
A	WO 97 13166 A (AMOCO CORP) 10 April 1997 (1997-04-10) abstract ---	1
A	FR 2 738 871 A (ELF AQUITAINE) 21 March 1997 (1997-03-21) abstract; figure 1 ---	1
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 February 2000

Date of mailing of the international search report

14/02/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jonsson, P.O.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 99/02679

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 852 004 A (MANIN MICHEL) 25 July 1989 (1989-07-25) abstract -----	1
A	US 5 572 565 A (ABDEL-MOTTALEB MOHAMED) 5 November 1996 (1996-11-05) abstract -----	4
A	US 5 473 747 A (BIRD COLIN ET AL) 5 December 1995 (1995-12-05) abstract -----	5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/02679

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9713166 A	10-04-1997	US 5930730 A	27-07-1999
		AU 709621 B	02-09-1999
		AU 7382996 A	28-04-1997
		CA 2204168 A	10-04-1997
		CN 1166207 A	26-11-1997
		EP 0796442 A	24-09-1997
		NO 971801 A	05-06-1999

FR 2738871 A	21-03-1997	CA 2205480 A	27-03-1997
		CN 1165563 A	19-11-1997
		EP 0796443 A	24-09-1997
		WO 9711393 A	27-03-1997
		NO 972233 A	15-05-1997
		US 6011557 A	04-01-2000

US 4852004 A	25-07-1989	FR 2599517 A	04-12-1987
		CA 1286764 A	23-07-1991
		DE 3772459 A	02-10-1991
		EP 0249527 A	16-12-1987
		NO 178877 B	11-03-1996

US 5572565 A	05-11-1996	CN 1145674 A	19-03-1997
		EP 0748487 A	18-12-1996
		WO 9621198 A	11-07-1996
		JP 9509879 T	07-10-1997

US 5473747 A	05-12-1995	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 99/02679

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
 CIB 7 G06T7/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G06T G01V

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	MORRIS D: "COHERENCE CUBE TECHNOLOGY ADDS GEOLOGIC INSIGHT TO 3-D DATA" WORLD OIL, vol. 218, no. 5, 1 mai 1997 (1997-05-01), page 80, 82, 84 XP000703907 ISSN: 0043-8790 page 80 -page 82 ---	1
A	WO 97 13166 A (AMOCO CORP) 10 avril 1997 (1997-04-10) abrégé ---	1
A	FR 2 738 871 A (ELF AQUITAINE) 21 mars 1997 (1997-03-21) abrégé; figure 1 ---	1
	-/--	

 Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

 Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

7 février 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

14/02/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

 Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Jonsson, P.O.

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 99/02679

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités. avec le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 852 004 A (MANIN MICHEL) 25 juillet 1989 (1989-07-25) abrégé ---	1
A	US 5 572 565 A (ABDEL-MOTTALEB MOHAMED) 5 novembre 1996 (1996-11-05) abrégé ---	4
A	US 5 473 747 A (BIRD COLIN ET AL) 5 décembre 1995 (1995-12-05) abrégé -----	5

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 99/02679

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9713166 A	10-04-1997	US 5930730 A	27-07-1999
		AU 709621 B	02-09-1999
		AU 7382996 A	28-04-1997
		CA 2204168 A	10-04-1997
		CN 1166207 A	26-11-1997
		EP 0796442 A	24-09-1997
		NO 971801 A	05-06-1999
FR 2738871 A	21-03-1997	CA 2205480 A	27-03-1997
		CN 1165563 A	19-11-1997
		EP 0796443 A	24-09-1997
		WO 9711393 A	27-03-1997
		NO 972233 A	15-05-1997
		US 6011557 A	04-01-2000
US 4852004 A	25-07-1989	FR 2599517 A	04-12-1987
		CA 1286764 A	23-07-1991
		DE 3772459 A	02-10-1991
		EP 0249527 A	16-12-1987
		NO 178877 B	11-03-1996
US 5572565 A	05-11-1996	CN 1145674 A	19-03-1997
		EP 0748487 A	18-12-1996
		WO 9621198 A	11-07-1996
		JP 9509879 T	07-10-1997
US 5473747 A	05-12-1995	AUCUN	