

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 053 125**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **16 55858**

⑤① Int Cl⁸ : **G 01 V 1/28** (2017.01)

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PROCÉDE DE CARACTERISATION DU SOUS-SOL D'UNE REGION UTILISANT DES SIGNAUX SISMIQUES PASSIFS, ET SYSTEME CORRESPONDANT.

②② Date de dépôt : 23.06.16.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 29.12.17 Bulletin 17/52.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 27.07.18 Bulletin 18/30.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *STORENGY Société anonyme* —
FR.

⑦② Inventeur(s) : HUGUET FREDERIC, KAZANTSEV
ALEXANDRE, LAVERGNE DAMIEN et EGERMANN
PATRICK.

⑦③ Titulaire(s) : *STORENGY Société anonyme.*

⑦④ Mandataire(s) : *CABINET BEAU DE LOMENIE.*

FR 3 053 125 - B1



5 Arrière-plan de l'invention

L'invention se rapporte au domaine général de la caractérisation du sous-sol d'une région, notamment en étudiant des signaux sismiques passifs, et tout particulièrement en étudiant des signaux sismiques passifs à basses fréquences.

Les signaux sismiques passifs à basses fréquences sont des signaux qui illustrent les déplacements du sol qui apparaissent naturellement dans des fréquences allant de 0,1Hz à 10Hz, voire de 0,1Hz à 4-5Hz. Dans ces gammes de fréquences, des déplacements du sol peuvent être liés aux mouvements des vagues de l'océan qui produisent des ondes se propageant à l'intérieur des territoires émergés.

On notera que le vocable passif indique ici qu'il n'y a pas de génération d'ondes sismiques par un utilisateur ou un outil contrôlé par un utilisateur.

On notera également que les gammes de fréquences visées ci-avant sont distinctes de celles qui visent les signaux sismiques haute fréquence qui peuvent aller de 10Hz à 150Hz et qui visent notamment l'observation de la sismicité induite.

Il a été décrit dans le document « Phenomenology of tremor-like signals observed over hydrocarbon reservoirs » (S. Dangel et al, Journal of Volcanology and Geothermal Research) qu'à l'aplomb d'un réservoir souterrain contenant des hydrocarbures (donc comprenant plusieurs fluides ou plusieurs phases d'un même fluide), on observe dans les spectres des signaux un pic de fréquence compris entre 1,5Hz et 4Hz. De ce fait, l'observation de ces signaux permet de déterminer si plusieurs fluides ou plusieurs phases d'un même fluide sont présents dans le sous-sol d'une région.

Dès lors, il est possible, en étudiant des signaux sismiques passifs à basse fréquence, de suivre l'évolution d'un réservoir utilisé pour le stockage de gaz naturel, ou encore de mettre en œuvre des opérations de

prospection des hydrocarbures ou des aquifères contenant de l'eau et de la vapeur.

De l'état de la technique antérieure, on connaît les documents suivants :

5 Le document US 2008/0021656 décrit un procédé pour traiter des données sismiques dans lequel on acquiert des signaux sismiques passifs, on obtient des spectres de ces signaux, on calcule le rapport entre les composantes verticales des spectres et les composantes horizontales des spectres, et on met en œuvre une intégration de ce rapport. Pour mettre
10 en œuvre le procédé décrit dans ce document, il est nécessaire de choisir une gamme de fréquence dans laquelle le traitement sera mis en œuvre. Cette solution n'est pas suffisamment flexible, et les résultats obtenus avec ce procédé ne sont pas suffisamment précis.

15 Le document WO 2010/080366 divulgue une méthode pour détecter des hydrocarbures en utilisant des données sismiques passives combinées avec des données géophysiques d'un autre type (par exemple des données sismiques actives).

20 Le document WO 2009/027822 propose une méthode de détermination de la position de réservoirs d'hydrocarbures dans laquelle on acquiert des données sismiques, on obtient des spectres à partir des signaux, et l'on détermine des maxima de ces spectres pour obtenir une carte.

25 Le document EP 2030046 décrit également un procédé dans lequel on étudie des rapports entre des amplitudes de spectres. Il décrit également un lissage des spectres.

Le document EP 1960812 et le document EP 2030046 décrivent des procédés dans lequel on obtient des données sismiques, on obtient des spectres à partir des données sismiques, et on lisse ces spectres.

30 Le document WO 2009/081210 décrit un procédé dans lequel on détermine une énergie dans une bande de fréquence d'un spectre obtenu en mettant en œuvre des mesures de déplacement sous la surface.

35 Le document US 2014/0254319 décrit l'acquisition de signaux sismiques passifs. Ce document propose d'utiliser un filtre passe-bas pour les fréquences allant de 0 à 5Hz car c'est dans ces fréquences que seraient observés des phénomènes à partir des signaux sismiques passifs.

Dans ce document, les signaux sont transformés vers le domaine fréquence-nombre d'onde.

Le document WO 2014/108843 décrit une méthode dans laquelle on acquiert des signaux de microséismes et dans laquelle on effectue une convolution puis on applique un filtre.

Les solutions décrites dans ces documents ne sont pas satisfaisantes. Elles ne permettent pas de déterminer de manière suffisamment précise que des fluides ou des phases différentes sont présents dans le sous-sol d'une région. En effet, ces méthodes sont très sensibles au bruit anthropique et il peut être délicat de déterminer précisément de distinguer les régions où des fluides sont présents des autres.

Certaines méthodes requièrent la détermination préalable d'une gamme de fréquence à observer. Cette solution n'est pas satisfaisante car elle peut ne pas prendre en compte des anomalies qui apparaissent en dehors de la gamme de fréquence à observer.

L'invention vise notamment à pallier ces inconvénients.

20

Objet et résumé de l'invention

La présente invention répond à ce besoin en proposant un procédé de caractérisation du sous-sol d'une région, comprenant les étapes dans lesquelles :

- on élabore une pluralité de spectres qui illustrent la densité spectrale de signaux sismiques passifs obtenus au voisinage de la surface de ladite région à au moins un point de ladite région où sont mis en œuvre des enregistrements des signaux sismiques passifs, chaque spectre étant élaboré à partir d'un signal illustrant un déplacement,
- on détermine au moins un attribut spectral pour chaque fréquence apparaissant dans chaque spectre de manière à obtenir un ensemble d'attributs spectraux associés à des enregistrements et à des fréquences,
- on organise ledit ensemble d'attributs dans une matrice dans laquelle chaque ligne est associée à un enregistrement,

- on applique une méthode d'analyse en composantes principales à ladite matrice pour déterminer des composantes principales pour en déduire des caractéristiques dudit sous-sol.

5 On peut noter que les déplacements peuvent être observés par des signaux de vitesse de déplacement ou encore des signaux d'accélération de déplacement. Préférentiellement, on utilisera des signaux de vitesse de déplacement. On peut aussi noter que les déplacements peuvent être selon trois directions (une direction verticale et deux directions horizontales), et que l'on peut élaborer des spectres associés
10 aux seuls déplacements verticaux et/ou des spectres associés aux seuls déplacements horizontaux.

Aussi, les dimensions de la matrice obtenue sont le nombre d'enregistrement fois le nombre de fréquences pour chaque attribut (le nombre de fréquences par attribut peut être différent entre différents
15 attributs).

Les inventeurs ont observé qu'en utilisant une méthode d'analyse en composantes principales, on obtient des composantes principales qui font plus facilement apparaître les différences entre des spectres correspondant à différents enregistrements. En fait, l'espace des
20 composantes principales est le meilleur espace pour les représentations des différences entre les spectres. De ce fait, cet espace est un bon espace pour en déduire des caractéristiques du sous-sol de ladite région.

Il est possible, en utilisant les composantes principales, d'obtenir une représentation graphique de la région si plusieurs points sont étudiés,
25 et cette représentation illustre la présence de fluides sous-jacents. Si un unique point est étudié au moyen de plusieurs signaux acquis à des instants différents, on peut observer des variations dans le temps, dans la mesure où la quantité de fluide évolue dans le temps.

On notera que l'analyse en composantes principales est mieux connue de l'homme du métier sous l'acronyme anglo-saxon « PCA »
30 (« Principal Component Analysis »).

Aussi, comme on peut le concevoir, les spectres obtenus sont ici échantillonnés et ils présentent un nombre fini de fréquences. Ces fréquences peuvent être choisies dans une gamme de fréquence large,
35 par exemple une gamme de fréquence allant de 0,1Hz à 4 ou 5Hz. Il n'est pas nécessaire de définir une gamme de fréquence plus restreinte pour

mettre en œuvre l'invention alors que tel est le cas dans le procédé décrit dans le document US 2008/0021656.

On peut également noter que les attributs peuvent être tout paramètre qui caractérise une fréquence d'un spectre susceptible de varier lorsque le point de la région est à l'aplomb d'une zone contenant des fluides. Ainsi, en utilisant plusieurs attributs, l'invention se distingue de la solution décrite dans le document US 2008/0021656 dans lequel le seul attribut utilisé est le rapport entre les déplacements verticaux et horizontaux. Les inventeurs ont en effet observé qu'en utilisant plusieurs attributs, on obtient une bonne détection de la présence de fluides.

Par ailleurs, dans la présente invention, les signaux sismiques passifs peuvent être obtenus au moyen de sismomètres tel que l'appareil commercialisé par la société canadienne NANOMETRICS sous la dénomination commerciale « T-40 ». Un tel appareil peut être enfoui au voisinage de la surface de la région, par exemple à une cinquantaine de centimètres de profondeur. Alternativement, il peut être posé sur la surface si cette surface est bien couplée au sol.

Selon un mode particulier de mise en œuvre, lesdits déplacements sont des déplacements verticaux et/ou des déplacements horizontaux, et lesdits attributs spectraux pour chaque fréquence sont de types choisis dans le groupe formé par le rapport entre la densité spectrale pour les déplacements sismiques verticaux et la densité spectrale pour les déplacements sismiques horizontaux, la dérivée de la densité spectrale en fonction de la fréquence des déplacements sismiques horizontaux, et la dérivée de la densité spectrale en fonction de la fréquence des déplacements sismiques verticaux.

Les inventeurs ont observé qu'une combinaison de plusieurs de ces attributs spectraux permettait d'obtenir une bonne détection de la présence de fluides.

Selon un mode particulier de mise en œuvre, ladite dérivée de la densité spectrale en fonction de la fréquence des déplacements sismiques horizontaux et/ou ladite dérivée de la densité spectrale en fonction de la fréquence des déplacements sismiques verticaux sont calculées par application d'une régression linéaire autour d'un nombre choisis de points de spectres.

Les points choisis peuvent être obtenus par une division de l'axe des fréquences en plages de 0,5Hz.

Selon un mode particulier de mise en œuvre, l'élaboration de chaque spectre à partir d'un signal comporte :

- 5 - une division du signal en une pluralité de sous-signaux consécutifs ayant tous la même durée,
- une élaboration d'un sous-spectre de densité spectrale pour chaque sous-signal,
- pour chaque fréquence des sous-spectres, une détermination d'un
- 10 attribut statistique (par exemple la médiane) de la densité spectrale à partir des valeurs de densité spectrale pour cette fréquence dans chaque sous-spectre,
- une obtention dudit spectre à élaborer à partir de tous les attributs statistiques de toutes les fréquences.

15 Ce mode particulier de mise en œuvre permet d'obtenir un bon lissage des spectres car ce sont des attributs statistiques tels que des médianes qui sont utilisées.

Selon un mode particulier de mise en œuvre, chaque sous-signal chevauche le précédent sous-signal sur au moins une durée non nulle du

20 sous-signal précédent, par exemple 50% de la durée du signal précédent.

Selon un mode particulier de mise en œuvre, lesdits enregistrements sont mis en œuvre, ou éventuellement tous mis en œuvre, en des points différents de ladite région, chaque attribut dudit ensemble d'attributs spectraux étant en outre associé à un point. En

25 d'autres termes, chaque attribut de l'ensemble d'attributs est associé à une fréquence et à un point car l'enregistrement lui-même est associé à un point qui peut être différent pour différents enregistrements.

Selon un mode particulier de mise en œuvre, lesdits enregistrements sont mis en œuvre pendant une durée prédéterminée et

30 à partir d'une heure prédéterminée.

On pourra préférentiellement choisir une heure de départ située au milieu de la nuit (par exemple à partir de minuit) et une durée de l'ordre de quatre heures : ceci permet d'acquérir des signaux pendant les périodes où le bruit anthropique est le plus faible.

35 Selon un mode particulier de mise en œuvre, lesdits enregistrements sont mis en œuvre par groupes d'enregistrements mis en

œuvre simultanément, chaque groupe correspondant à un jour au cours duquel les enregistrements de ce groupe sont mis en œuvre,

les enregistrements étant mis en œuvre en des points différents de ladite région et/ou à partir d'instants différents.

5 Ce mode particulier de mise en œuvre permet d'étudier une région avec un nombre limité d'appareils de mesure. Dans ce mode particulier de réalisation, on déplace tous les jours les appareils pour pouvoir couvrir une région avec une bonne résolution.

10 Selon un mode particulier de mise en œuvre, les colonnes de ladite matrice associées à un même attribut sont toutes adjacentes. Ce mode particulier de mise en œuvre permet de rendre davantage observable l'influence d'un attribut par rapport à un autre attribut en utilisant l'analyse en composantes principales.

15 Selon un mode particulier de mise en œuvre, chaque groupe d'enregistrement est associé à un groupe de lignes de la matrice, et pour chaque groupe de lignes, on met en œuvre une normalisation des valeurs des attributs.

On peut noter que dans la matrice, on peut grouper ces groupes de lignes en les plaçant consécutivement dans un même groupe.

20 Aussi, chaque groupe étant associé à un jour, la normalisation permet d'obtenir des valeurs d'attributs qui tombent dans les mêmes gammes de valeurs, même si les changements de position des capteurs font apparaître des changements dans l'amplitude des signaux acquis par les enregistrements. La normalisation peut être une normalisation centrée
25 réduite.

30 Selon un mode particulier de mise en œuvre, lesdites composantes principales sont des projecteurs, et l'on projette ladite matrice sur chaque projecteur de manière à obtenir pour chaque projecteur une représentation graphique de ladite région présentant le résultat de la projection de la matrice pour chaque point.

35 Selon un mode particulier de mise en œuvre, on détermine un nombre K de projecteurs parmi lesdits projecteurs. En d'autres termes, on sélectionne un nombre de projecteurs en fonction d'au moins un critère. Ce critère peut par exemple permettre de déterminer qu'un projecteur fournit une bonne représentation graphique du sous-sol de la région ou de l'évolution dans le temps de ce sous-sol. L'homme du métier saura

apprécier ce critère en fonction de données relatives au sous-sol obtenues par des moyens autres que ceux faisant à proprement parler partie de l'invention, ou en fonction de sa connaissance de la structure du sol de la région.

5 Par exemple, si la représentation graphique est une carte de la région en niveaux de gris, la détermination des K projecteurs peut être réalisée en déterminant si une anomalie apparaît à un endroit ou des variations sont attendues. A titre indicatif, l'anomalie peut correspondre à la forme structurale d'un piège géologique.

10 Ce mode particulier de mise en œuvre est particulièrement adapté à l'étude de l'évolution d'un réservoir de stockage dont l'étendue est connue au moyen d'analyses initiales mises en œuvre par d'autres moyens (puits, etc...).

15 Selon un mode particulier de mise en œuvre, le procédé comporte en outre :

- une projection de ladite matrice sur lesdits K projecteurs de manière à obtenir pour chaque ligne de ladite matrice un vecteur de longueur K,
- une obtention d'une deuxième matrice à partir desdits vecteurs de longueur K,
- 20 - une application à la deuxième matrice d'une méthode de classification organisée à une ou deux dimensions pour obtenir N classes de lignes,
- une attribution d'au moins un numéro de classe à chaque ligne de la matrice représentant une intensité d'une anomalie du sous-sol de la région,
- 25 - une élaboration d'un chef de classe pour chaque classe de lignes,
- une obtention d'une troisième matrice de dimensions N fois K à partir desdits chefs de classes,
- une application d'une méthode de pseudo-inversion à ladite troisième matrice pour obtenir une quatrième matrice de dimensions N fois le
- 30 nombre de fréquences apparaissant dans chaque ligne de la matrice initiale des attributs spectraux.

La méthode de classification organisée peut être une méthode bien connue de l'homme du métier sous l'acronyme anglo-saxon « SOM » (« Self Organized Map ») ou encore la méthode « GTM » (« Generative topographic map »).

35

N est choisi strictement supérieur à 1, et il peut être de l'ordre d'une dizaine ou de plusieurs dizaines.

Pour une classification à une dimension, un numéro de classe est attribué à chaque ligne pour représenter l'intensité de l'anomalie (c'est-à-dire la variation dans les spectres). Ces numéros de classe peuvent être représentés sur une échelle en niveaux de gris. Différentes lignes peuvent avoir le même numéro de classe.

Si une classification à deux dimensions est utilisée, d'autres méthodes de représentation peuvent être utilisées, par exemple en combinant deux échelles de couleurs complémentaires.

On peut noter que pour chaque numéro de classe, on peut définir un chef de classe comme étant le barycentre de toutes les lignes auxquelles le numéro de classe a été attribuée. Alternativement, le chef de classe peut être la ligne la plus proche du barycentre, et cela peut être par exemple déterminé par une métrique Euclidienne.

Alternativement, le procédé comporte en outre :

- une projection de ladite matrice sur lesdits K projecteurs de manière à obtenir pour chaque ligne de ladite matrice un vecteur de longueur K ,
- une obtention d'une deuxième matrice à partir desdits vecteurs de longueur K ,
- une application d'une méthode de pseudo-inversion à ladite deuxième matrice pour obtenir une troisième matrice ayant les mêmes dimensions que ladite matrice initiale des attributs spectraux,
- une application à la troisième matrice d'une méthode de classification organisée à une ou deux dimensions pour obtenir N classes de lignes,
- une attribution d'au moins un numéro de classe à chaque ligne de la matrice représentant une intensité d'une anomalie du sous-sol de la région,
- une élaboration d'un chef de classe pour chaque classe de lignes,
- une obtention à partir desdits chefs de classe d'une quatrième matrice de dimensions N fois le nombre de fréquence apparaissant dans chaque ligne de la matrice initiale des attributs spectraux.

Dans cette variante, l'étape de pseudo-inversion est mise en œuvre avant l'application d'une méthode de classification.

L'invention concerne également un système de caractérisation du sous-sol d'une région, comprenant :

- un module d'élaboration d'une pluralité de spectres qui illustrent la densité spectrale de signaux sismiques passifs obtenus au voisinage de la surface de ladite région à au moins un point de ladite région où sont mis en œuvre des enregistrements des signaux sismiques passifs, chaque spectre étant élaboré à partir d'un signal illustrant un déplacement,
- un module de détermination d'au moins un attribut spectral pour chaque fréquence apparaissant dans chaque spectre apte à fournir un ensemble d'attributs spectraux associés à des enregistrements et à des fréquences,
- un module d'organisation dudit ensemble d'attributs dans une matrice dans laquelle chaque ligne est associée à un enregistrement,
- un module d'application d'une méthode d'analyse en composantes principales à ladite matrice pour déterminer des composantes principales à ladite matrice pour en déduire des caractéristiques dudit sous-sol.

Ce système peut être configuré pour la mise en œuvre de tous les modes de mise en œuvre du procédé tel que décrit ci-avant.

L'invention propose également un programme d'ordinateur comportant des instructions pour l'exécution des étapes du procédé tel que défini ci-avant lorsque ledit programme est exécuté par un ordinateur.

On peut noter que les programmes d'ordinateur mentionnés dans le présent exposé peuvent utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable.

L'invention propose également un support d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour l'exécution des étapes du procédé tel que défini ci-avant.

Les supports d'enregistrement (ou d'information) mentionnés dans le présent exposé peuvent être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une ROM, par exemple un CD ROM ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple une disquette (floppy disc) ou un disque dur.

D'autre part, les supports d'enregistrement peuvent correspondre à un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio ou par

d'autres moyens. Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau de type Internet.

Alternativement, les supports d'enregistrement peuvent correspondre à un circuit intégré dans lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé en question.

10 Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent un exemple dépourvu de tout caractère limitatif.

15 Sur les figures :

- la figure 1 représente de façon schématique des étapes d'un procédé selon un mode de mise en œuvre de l'invention,
- la figure 2 représente de façon schématique un système selon un mode de réalisation de l'invention,
- 20 - la figure 3 est une vue en coupe du sous-sol d'une région,
- la figure 4 illustre de manière schématique l'obtention d'un spectre à partir d'un signal,
- la figure 5 représente la matrice dans laquelle les attributs sont organisés,
- 25 - la figure 6 représente la projection de la matrice sur les projecteurs,
- la figure 7 est un graphique qui illustre le classement des vecteurs re-projetés,
- la figure 8 illustre la représentation graphique obtenue après l'association d'un paramètre à chaque vecteur re-projeté.

30

Description détaillée d'un mode de réalisation

Nous allons maintenant décrire un système et un procédé de caractérisation du sous-sol d'une région, conformément à un mode particulier de réalisation de l'invention.

35

Sur la figure 1, on a représenté de manière schématique différentes étapes d'un procédé de caractérisation du sous-sol d'une région.

5 Ce procédé peut être mis en œuvre pour déterminer si des fluides ou plusieurs phases d'un fluide sont présents dans le sous-sol d'une région.

10 Des applications typiques d'utilisation de ce procédé concernent par exemple la surveillance de réservoirs contenant des hydrocarbures (par exemple du gaz naturel), la prospection d'hydrocarbures, la prospection dans le domaine de la géothermie.

15 Dans une première étape E01 de ce procédé, on élabore une pluralité de spectres qui illustrent la densité spectrale de signaux sismiques passifs obtenus au voisinage de la surface de ladite région à au moins un point de ladite région où sont mis en œuvre des enregistrements des signaux sismiques passifs, chaque spectre étant élaboré à partir d'un signal illustrant un déplacement.

20 En d'autres termes, des étapes d'acquisition des signaux illustrant des déplacements horizontaux (éventuellement deux signaux selon des directions différentes) et/ou verticaux ont été mises en œuvre préalablement. Ces signaux peuvent être acquis en utilisant des sismomètres tel que l'appareil commercialisé par la société canadienne NANOMETRICS sous la dénomination commerciale « T-40 ». De tels appareils peuvent être disposés régulièrement au voisinage de la surface d'une région ou sur la surface de la région, tel que cela sera décrit ultérieurement en référence à la figure 3, et ces appareils sont utilisés
25 préférentiellement la nuit de manière à réduire le bruit anthropique. Les signaux sont tous associés à un instant et/ou à un emplacement ou point de la région étudiée ici.

30 On peut noter qu'un appareil tel que celui mentionné ci-avant fournit des signaux de vitesse de déplacement qui illustrent le déplacement.

Chaque spectre peut être obtenu à partir du signal qui lui correspond en déterminant la densité spectrale de puissance de ce signal (« PSD : Power Spectral Density » en langue anglaise).

On peut également mettre en œuvre un traitement visant à lisser le spectre obtenu, comme cela sera décrit en référence à la figure 4 ci-après.

Après l'étape E01, on obtient des spectres voire des spectres qui peuvent comprendre un spectre associé aux déplacements horizontaux et un spectre associé aux déplacements verticaux, ces spectres étant associés aux enregistrements et donc à leurs propriétés que sont le point de la région et l'instant ou le jour d'acquisition.

On peut noter que l'obtention d'un unique spectre pour les déplacements horizontaux à partir de deux signaux illustrant les déplacements selon deux directions différentes peut être faite en calculant la moyenne géométrique des spectres correspondant à chaque direction. On a :

$$Fh(f) = \sqrt{PSD_E^2 + PSD_N^2}$$

Avec f la fréquence, $Fh(f)$ le spectre correspondant aux déplacements horizontaux, PSD_E le spectre correspondant aux déplacements horizontaux selon une première direction (ici l'est), et PSD_N le spectre correspondant aux déplacements horizontaux selon une deuxième direction (ici le nord).

Aussi, les spectres sont échantillonnés et ils visent un nombre fini de fréquences comprises dans une gamme large choisie préalablement.

Dans une deuxième étape E02, on détermine des attributs spectraux. Ces attributs peuvent être choisis dans le groupe formé par le rapport entre la densité spectrale pour les déplacements sismiques verticaux et la densité spectrale pour les déplacements sismiques horizontaux, la dérivée de la densité spectrale en fonction de la fréquence des déplacements sismiques horizontaux, et la dérivée de la densité spectrale en fonction de la fréquence des déplacements sismiques verticaux.

On peut noter ces trois attributs ainsi :

$$\frac{Fv(f)}{Fh(f)}, \frac{dFh(f)}{df}, \text{ et } \frac{dFv(f)}{df}$$

Avec $Fv(f)$ le spectre correspondant aux déplacements verticaux.

On peut noter que la dérivée de la densité spectrale en fonction de la fréquence des déplacements sismiques horizontaux et/ou ladite dérivée de la densité spectrale en fonction de la fréquence des déplacements sismiques verticaux peuvent être calculées par application
5 d'une régression linéaire autour d'un nombre choisis de points de spectres.

A titre indicatif, les points choisis peuvent être obtenus par une division de l'axe des fréquences en plages de 0,5Hz.

L'étape E02 permet d'obtenir un ensemble d'attributs associés à
10 des fréquences (qui peuvent être différentes entre les différents types d'attributs), à des enregistrements et donc à des points de la région, et à des instants et/ou des jours où les signaux ont été acquis.

Dans une étape E03, on organise cet ensemble d'attributs dans une matrice dans laquelle chaque ligne est associée à un enregistrement
15 (c'est-à-dire à un point de la région, et à un instant et/ou un jour où l'enregistrement a été mise en œuvre).

Cette organisation sera décrite plus en détail en référence à la figure 5.

Dans une étape E04, on applique une méthode d'analyse en
20 composantes principales aux dites composantes pour déterminer des composantes principales pour en déduire des caractéristiques dudit sous-sol.

Sur la figure 2, on a représenté de manière schématique un système 1 apte à mettre en œuvre les étapes E01 à E04 décrites en
25 référence à la figure 1.

Le système 1 peut être un système informatique et il comporte un processeur 2, et une mémoire 3.

Dans la mémoire 3, des instructions d'un programme d'ordinateur
30 4 sont enregistrées. Le programme d'ordinateur 4 comporte des instructions 41 pour la mise en œuvre de l'étape E01, des instructions 42 pour la mise en œuvre de l'étape E02, des instructions 43 pour la mise en œuvre de l'étape E03, et des instructions 44 pour la mise en œuvre de l'étape E04.

L'ensemble formé par les instructions 41 à 44 et le processeur
35 forment des modules du système 1 respectivement adaptés à la mise en œuvre des étapes E01 à E04.

Sur la figure 3, on a représenté une vue en coupe du sous-sol d'une région que l'on souhaite caractériser par la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

5 A cet effet, des sismomètres 100 ont été enfouis au voisinage de la surface de la région et des sismomètres 100 appartenant à un groupe 101 sont visibles dans le plan de la coupe. Les sismomètres 100 ont par exemple été enfouis à une cinquantaine de centimètres de profondeur. Une telle installation est particulièrement simple pour un technicien.

10 Alternativement, les sismomètres peuvent être posés sur la surface dans la mesure où cette configuration permet d'obtenir un bon couplage avec le sol. L'homme du métier saura placer les sismomètres pour obtenir un bon couplage.

15 Le sous-sol de la région comporte ici une zone 200 contenant du gaz, et une zone 300 contenant de l'eau. Cette région peut être un réservoir. La présence de ces deux fluides sous des phases différentes rend possible la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

20 Dans l'exemple illustré, le sismomètre 100 du groupe 101 disposé au milieu sur la figure présentera des spectres différents de ceux des sismomètres 100 disposés à droite et à gauche, car seul le sismomètre du milieu est disposé à l'aplomb du réservoir.

De manière à mettre en œuvre des enregistrements au sein d'une région avec peu d'appareils, on peut mettre en œuvre les mesures par groupes.

25 Par exemple, un premier jour de minuit à 4 heures du matin, les sismomètres 100 sont agencés pour former le groupe 101 et acquérir des données. Le deuxième jour de minuit à 4 heures du matin, les sismomètres 100 sont agencés pour former le groupe 102 et acquérir des données. Le troisième jour de minuit à 4 heures du matin, les sismomètres 100 sont agencés pour former le groupe 103 et acquérir des
30 données. Le quatrième jour de minuit à 4 heures du matin, les sismomètres 100 sont agencés pour former le groupe 104 et acquérir des données.

35 Sur la figure 4, on a représenté de manière schématique l'obtention d'un spectre à partir d'un signal, par exemple un signal obtenu par des sismomètres 100 décrits en référence à la figure 3.

Sur cette figure, on a représenté un signal SIG qui illustre les déplacements, ici la vitesse de déplacement, selon une direction. Ce signal a été acquis pendant une acquisition de 4 heures mise en œuvre à partir de minuit : ceci permet de réduire l'apparition de bruits anthropique.

5 Le signal SIG peut être divisé en une pluralité de sous-signaux ayant tous la même durée, les sous-signaux étant consécutifs et chaque sous-signal chevauchant ici le précédent sous-signal sur au moins la moitié de la durée du sous-signal précédent (ce chevauchement n'est pas obligatoire). Sur la figure des sous-signaux sont représentés par des accolades sous le signal SIG.

10 On peut noter que certains sous-signaux peuvent être écartés et ne pas être traités ensuite s'ils présentent un bruit trop fort. A titre indicatif, on peut supprimer les sous-signaux comprenant une valeur (en valeur absolue) située au-delà d'un seuil. Par exemple, on peut exclure les sous-signaux qui comportent une valeur (en valeur absolue) située au-delà du quantile 99% défini pour l'ensemble du signal SIG.

15 On élabore ensuite pour chaque sous-signal un sous-spectre. Sur la figure, trois sous-spectres de densité spectrale ont été représentés : PSD_1, PSD_2 et PSD_3.

20 Pour chaque fréquence des sous-spectres, on détermine une valeur médiane de la densité spectrale à partir des valeurs de densité spectrale pour cette fréquence dans chaque sous-spectre. Le spectre PSD_m est ensuite obtenu à partir de toutes les valeurs médianes. En d'autres termes, le spectre est formé par ces valeurs médianes.

25 Sur la figure 5, on a représenté l'organisation des attributs au sein d'une matrice M, pour organiser des attributs obtenus pour des signaux tous acquis en des points différents en des jours qui peuvent être différents.

Dans la matrice M, on a utilisé les notations suivantes :

30 Attr_i : attribut de type i,
 x_j : point j dans la région (ce point est lié au jour des mesures),
 f_k : fréquence k de l'attribut spectral.

Dans la matrice M, chaque ligne est associée à un enregistrement et à un point x_j de la région, et chaque colonne est associée à un type d'attribut Attr_i et à une fréquence f_k d'attribut spectral.

35

Dans la matrice, les colonnes de ladite matrice associées à un même attribut sont toutes adjacentes. Aussi, les lignes de ladite matrice correspondant à des groupes d'enregistrements mis en œuvre simultanément (par exemple au sein des groupes 101 à 104 décrits en référence à la figure 3) sont toutes groupées dans la matrice pour former des groupes de lignes, et chaque groupe est associé à un jour dans cet exemple.

Préférentiellement, pour chaque jour, ou pour chaque groupe de lignes, on met en œuvre une normalisation des valeurs des attributs.

L'organisation des attributs dans la matrice M permet de mettre en œuvre une méthode d'analyse en composantes principales, dans laquelle chaque ligne peut être un individu et chaque colonne est une variable. L'analyse en composantes principales permettra d'obtenir des composantes principales appelées projecteurs. Les projecteurs sont donc des vecteurs notés p ayant une longueur L égale au produit du nombre de types d'attributs différents et du nombre de fréquences présentes pour chaque type d'attribut.

La projection d'une ligne d'indice i (compris entre 1 et m le nombre de lignes de la matrice M) de la matrice M sur un projecteur p est calculée ainsi :

$$\langle M|p\rangle(i) = \sum_{j=1}^{j=L} M(i,j) \cdot p(j)$$

Le résultat de cette projection correspondant à un point de la région, on peut obtenir une représentation graphique de la projection de la matrice M en tout point de la région où des acquisitions de signaux ont été mises en œuvre.

De telles représentations graphiques ont été représentées sur la figure 6. Sur cette figure, quatre représentations graphiques correspondant à des projecteurs ont été représentées : PRJ1, PRJ2, PRJ3, et PRJ4. En surbrillance sur ces représentations graphiques, on a représenté le contour d'un réservoir RES connu.

Les représentations graphiques qui présentent des variations de niveaux de gris qui correspondent le plus à la représentation spatiale attendue sont considérées comme étant associées à de bons projecteurs. L'homme du métier saura apprécier ces cartes.

Sous chaque représentation graphique de la région, on a également représenté le projecteur lui-même en fonction de la fréquence.

Dans l'exemple illustré, les projecteurs PRJ1 et PRJ2 sont considérés comme de bons projecteurs. On a ainsi déterminé un nombre K
5 égal à 2 de projecteurs, ces projecteurs étant notés p1 et p2.

On peut ensuite projeter la matrice sur les deux projecteurs p1 et p2 au moyen de la formule suivante :

$$\langle M|(p1, p2)\rangle(i) = (\langle M|p1\rangle, \langle M|p2\rangle)$$

On obtient ainsi un nombre m (le nombre de lignes de la matrice, ou le nombre d'enregistrements) de vecteurs appartenant à un espace à
10 deux dimensions. Ces vecteurs peuvent être organisés pour former les lignes d'une deuxième matrice.

Sur la figure 7, on a représenté les individus présents dans cette deuxième matrice dans leur repère initial représenté par les axes x1, x2. Chaque individu correspond à une croix sur la figure.

15 Aussi, en appliquant une méthode de classification organisée à une dimension pour obtenir N classes, on peut classer ces individus en déterminant une courbe notée ξ d'approximation des individus, puis en déterminant des classes représentées par des cercles dont l'abscisse curviligne sur la courbe ξ correspond à un numéro de classe (qui varie
20 entre -1 et 1 ici). On peut noter que le rayon des cercles correspond à leur rayon de covariance.

Sur cette figure, on a également représenté les axes qui correspondent à deux projecteurs retenus référencés e1 et e2 qui ne permettent pas de suffisamment bien représenter l'anomalie.

25 Le numéro de classe représente ici l'intensité de l'anomalie dans le sous-sol de la région.

Aussi, les centres des cercles sont ici considérés comme des chefs de classe.

30 On peut ensuite obtenir une troisième matrice de dimensions N fois K à partir des chefs de classes. Puis, il est possible de mettre en œuvre une pseudo-inversion de la matrice pour obtenir une quatrième matrice de dimensions N fois le nombre de fréquences apparaissant dans chaque ligne de la matrice initiale des attributs spectraux.

Sur la figure 8, on a représenté la carte obtenue en affichant la valeur de l'intensité de l'anomalie au moyen d'un numéro de classe pour chaque point de la région, cette carte pouvant être obtenue après la pseudo-inversion.

5 Sur cette figure, on a également représenté pour chaque chef de classe les courbes qui montrent les variations en fonction de la fréquence des attributs correspondant aux chefs de classes, et ce pour deux attributs, la dérivée du spectre correspondant aux déplacements verticaux en fonction de la fréquence, et le rapport entre les déplacements verticaux
10 et horizontaux.

On notera que ces courbes illustrent des comportements très différents y-compris dans des gammes de fréquence inférieures à 1Hz.

Les inventeurs ont en effet observé que le pic visé par le document « Phenomenology of tremor-like signals observed over
15 hydrocarbon reservoirs » (S. Dangel et al, Journal of Volcanology and Geothermal Research) est en fait précédé par une décroissance du spectre lorsque la mesure est effectuée à l'aplomb d'un réservoir. En utilisant une gamme de fréquence large, et en utilisant l'analyse en composante principale, l'invention permet de faire apparaître davantage d'anomalies
20 que les solutions selon la technique antérieure.

Aussi, on peut noter que les différents graphiques présentés dans la présente description ont été obtenus par des mesures mises en œuvre au-dessus et autour d'un réservoir connu.

REVENDEICATIONS

- 5 1. Procédé de caractérisation du sous-sol d'une région, comprenant les étapes dans lesquelles :
- on élabore (E01) une pluralité de spectres qui illustrent la densité spectrale de signaux sismiques passifs obtenus au voisinage de la surface de ladite région à au moins un point de ladite région où sont mis en
 - 10 œuvre des enregistrements des signaux sismiques passifs, chaque spectre étant élaboré à partir d'un signal illustrant un déplacement,
 - on détermine (E02) au moins un attribut spectral pour chaque fréquence apparaissant dans chaque spectre de manière à obtenir un ensemble d'attributs spectraux associés à des enregistrements et à des fréquences,
 - 15 - on organise (E03) ledit ensemble d'attributs dans une matrice dans laquelle chaque ligne est associée à un enregistrement,
 - on applique (E04) une méthode d'analyse en composantes principales à ladite matrice pour déterminer des composantes principales pour en déduire des caractéristiques dudit sous-sol.
- 20 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel lesdits déplacements sont des déplacements verticaux et/ou des déplacements horizontaux, et lesdits attributs spectraux pour chaque fréquence sont de types choisis dans le groupe formé par le rapport entre la densité spectrale pour les déplacements sismiques verticaux et la densité
- 25 spectrale pour les déplacements sismiques horizontaux, la dérivée de la densité spectrale en fonction de la fréquence des déplacements sismiques horizontaux, et la dérivée de la densité spectrale en fonction de la fréquence des déplacements sismiques verticaux.
- 30 3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel ladite dérivée de la densité spectrale en fonction de la fréquence des déplacements sismiques horizontaux et/ou ladite dérivée de la densité spectrale en fonction de la fréquence des déplacements sismiques verticaux sont calculées par application d'une régression linéaire autour d'un nombre choisis de points de spectres.
- 35 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'élaboration de chaque spectre à partir d'un signal comporte :

- une division du signal (SIG) en une pluralité de sous-signaux consécutifs ayant tous la même durée,
 - une élaboration d'un sous-spectre de densité spectrale (PSD_1, PSD_2, PSD_3) pour chaque sous-signal,
 - 5 - pour chaque fréquence des sous-spectres, une détermination d'un attribut statistique de la densité spectrale à partir des valeurs de densité spectrale pour cette fréquence dans chaque sous-spectre,
 - une obtention dudit spectre (PSD_m) à élaborer à partir de tous les attributs statistiques de toutes les fréquences.
- 10 5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel chaque sous-signal chevauche le précédent sous-signal sur au moins une durée non nulle du sous-signal précédent.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel lesdits enregistrements sont mis en œuvre en des points différents de ladite
- 15 région, chaque attribut dudit ensemble d'attributs spectraux étant en outre associé à un point.
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel lesdits enregistrements sont mis en œuvre pendant une durée prédéterminée et à partir d'une heure prédéterminée.
- 20 8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel lesdits enregistrements sont mis en œuvre par groupes d'enregistrements mis en œuvre simultanément, chaque groupe correspondant à un jour au cours duquel les enregistrements de ce groupe sont mis en œuvre,
- les enregistrements étant mis en œuvre en des points différents
- 25 de ladite région et/ou à partir d'instantants différents.
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel les colonnes de ladite matrice associées à un même attribut (Attr_i) sont toutes adjacentes.
10. Procédé selon la revendication 8, dans lequel chaque groupe
- 30 d'enregistrements est associé à un groupe de lignes de la matrice, et pour chaque groupe de lignes, on met en œuvre une normalisation des valeurs des attributs.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel lesdites composantes principales sont des projecteurs, et l'on
- 35 projette ladite matrice sur chaque projecteur de manière à obtenir pour chaque projecteur une représentation graphique (PRJ1, PRJ2, PRJ3, PRJ4)

de ladite région présentant le résultat de la projection de la matrice pour chaque enregistrement.

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel on détermine un nombre K de projecteurs parmi lesdits projecteurs.

5 13. Procédé selon la revendication 12, comprenant en outre :

- une projection de ladite matrice sur lesdits K projecteurs de manière à obtenir pour chaque ligne de ladite matrice un vecteur de longueur K,
- une obtention d'une deuxième matrice à partir desdits vecteurs de longueur K,

10 - une application à la deuxième matrice d'une méthode de classification organisée à une ou deux dimensions pour obtenir N classes de lignes,

- une attribution d'au moins une valeur à chaque ligne de la matrice représentant une intensité d'une anomalie du sous-sol de la région,
- une élaboration d'un chef de classe pour chaque classe de lignes,

15 - une obtention d'une troisième matrice de dimensions N fois K à partir desdits chefs de classes,

- une application d'une méthode de pseudo-inversion à ladite troisième matrice pour obtenir une quatrième matrice de dimensions N fois le nombre de fréquences apparaissant dans chaque ligne de la matrice

20 initiale des attributs spectraux.

14. Procédé selon la revendication 12, comprenant en outre :

- une projection de ladite matrice sur lesdits K projecteurs de manière à obtenir pour chaque ligne de ladite matrice un vecteur de longueur K,
- une obtention d'une deuxième matrice à partir desdits vecteurs de

25 longueur K,

- une application d'une méthode de pseudo-inversion à ladite deuxième matrice pour obtenir une troisième matrice ayant les mêmes dimensions que ladite matrice initiale des attributs spectraux,

- une application à la troisième matrice d'une méthode de classification organisée à une ou deux dimensions pour obtenir N classes de lignes,
- une attribution d'au moins un numéro de classe à chaque ligne de la matrice représentant une intensité d'une anomalie du sous-sol de la

30 région,

- une élaboration d'un chef de classe pour chaque classe de lignes,

- une élaboration d'un chef de classe pour chaque classe de lignes,

- une obtention à partir desdits chefs de classe d'une quatrième matrice de dimensions N fois le nombre de fréquence apparaissant dans chaque ligne de la matrice initiale des attributs spectraux.

5 15. Système de caractérisation du sous-sol d'une région, comprenant :

- un module (41) d'élaboration d'une pluralité de spectres qui illustrent la densité spectrale de signaux sismiques passifs obtenus au voisinage de la surface de ladite région à au moins un point de ladite région où sont mis en œuvre des enregistrements des signaux sismiques passifs, chaque spectre étant élaboré à partir d'un signal illustrant un déplacement,

10 - un module (42) de détermination d'au moins un attribut spectral pour chaque fréquence apparaissant dans chaque spectre apte à fournir un ensemble d'attributs spectraux associés à des enregistrements et à des fréquences,

15 - un module (43) d'organisation dudit ensemble d'attributs dans une matrice dans laquelle chaque ligne est associée à un enregistrement,

- un module (44) d'application d'une méthode d'analyse en composantes principales à ladite matrice pour déterminer des composantes principales à ladite matrice pour en déduire des caractéristiques dudit sous-sol.

20 16. Programme d'ordinateur comportant des instructions pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14 lorsque ledit programme est exécuté par un ordinateur.

25 17. Support d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14.

1/7

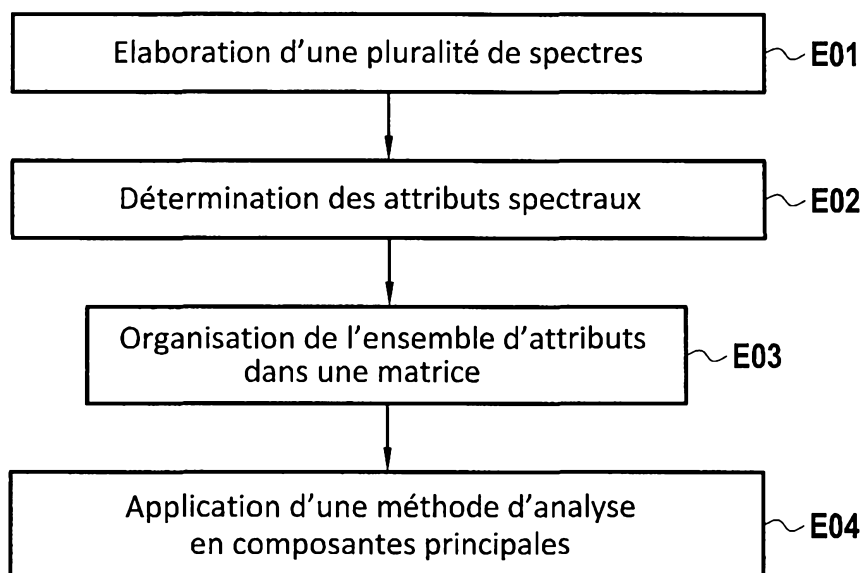


FIG.1

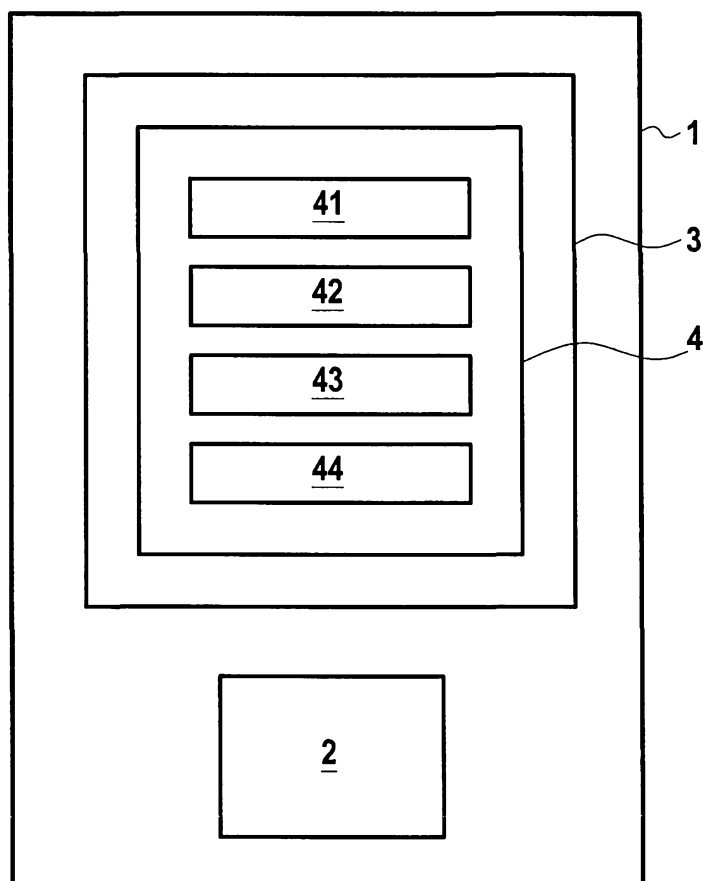


FIG.2

2/7

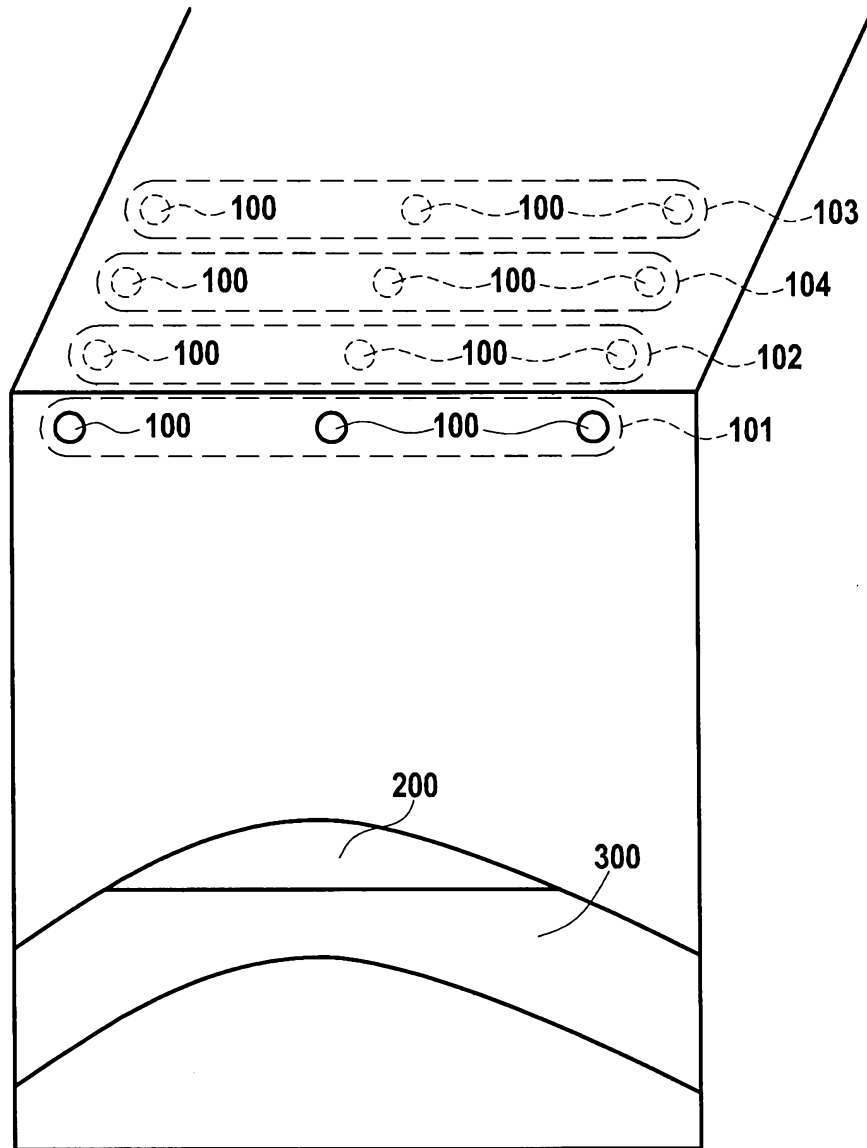


FIG. 3

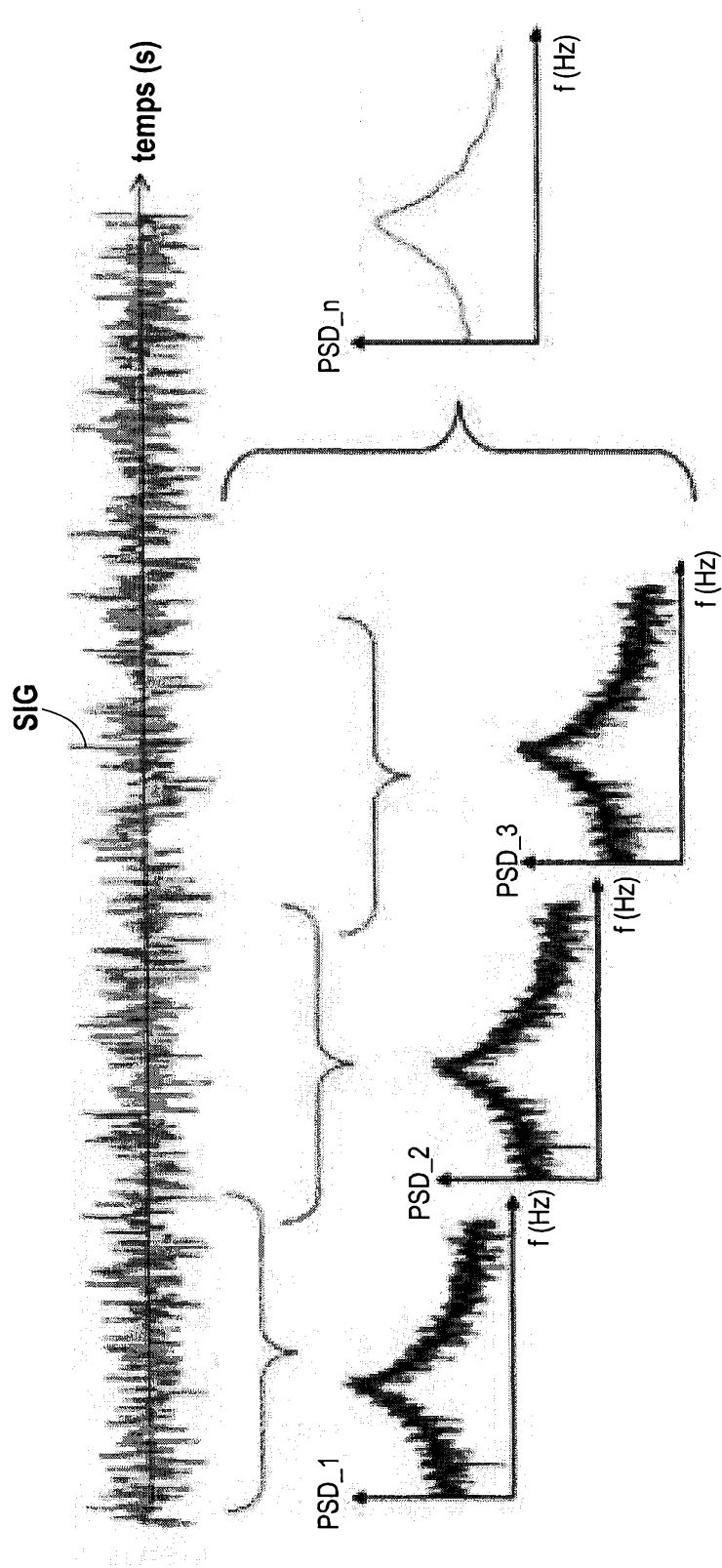


FIG.4

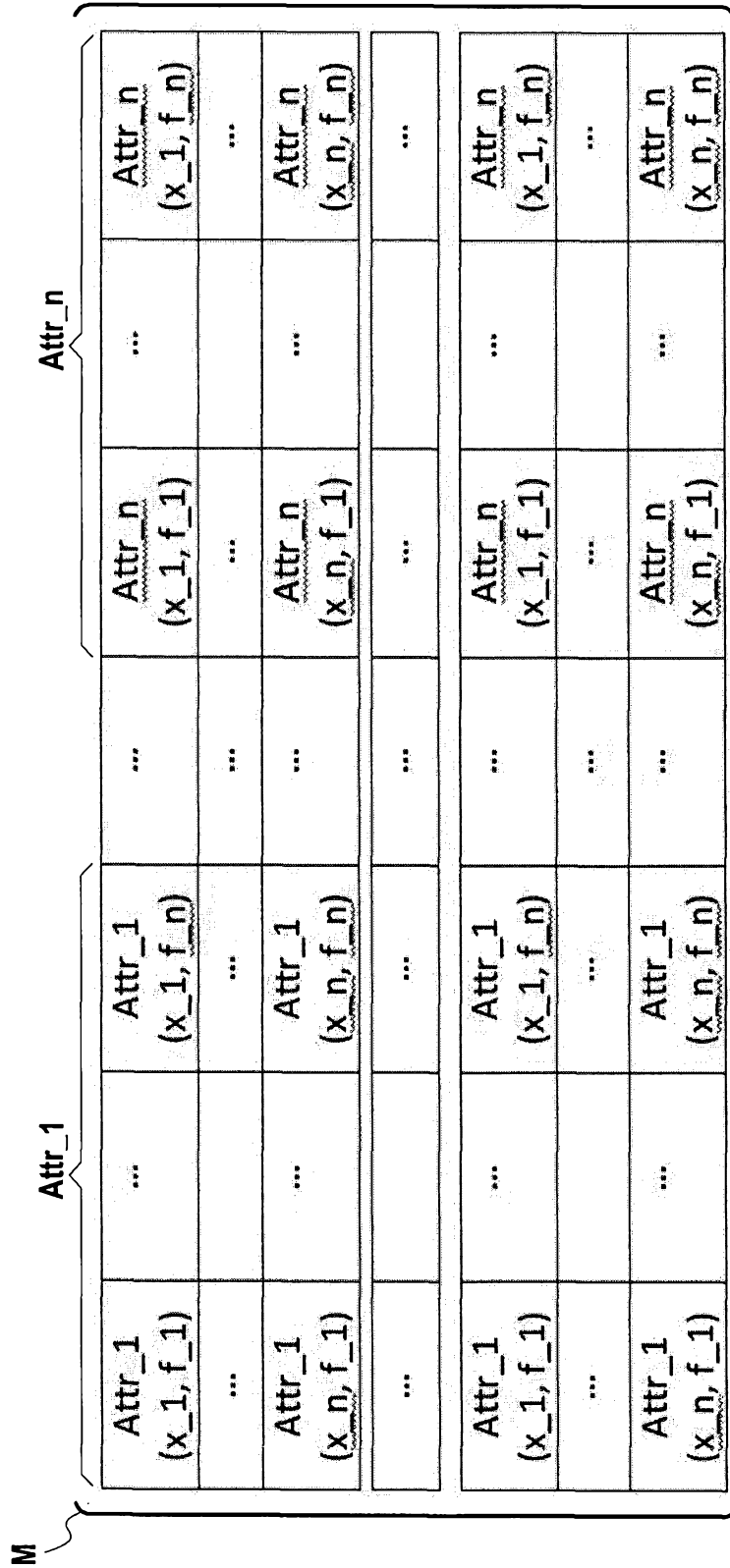


FIG.5

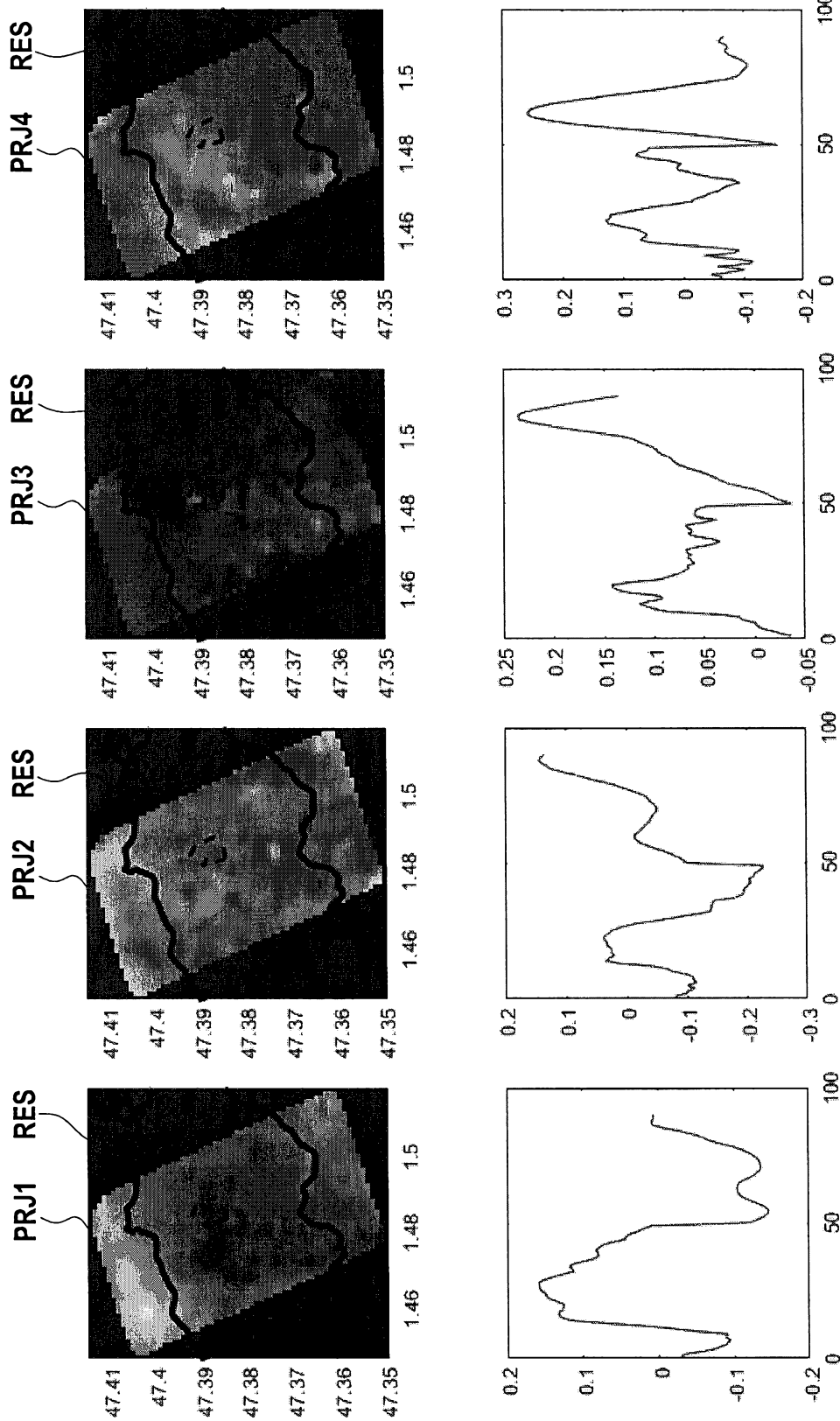


FIG.6

6/7

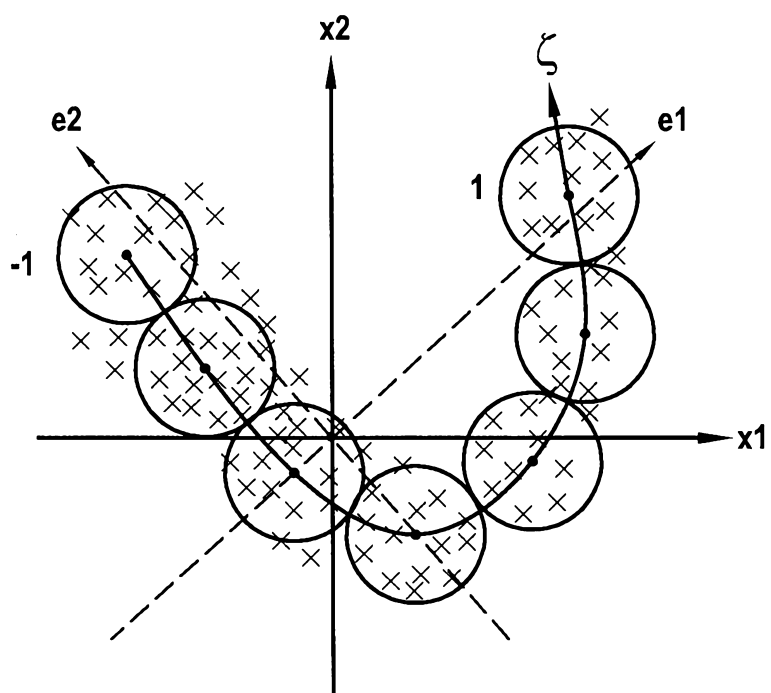


FIG.7

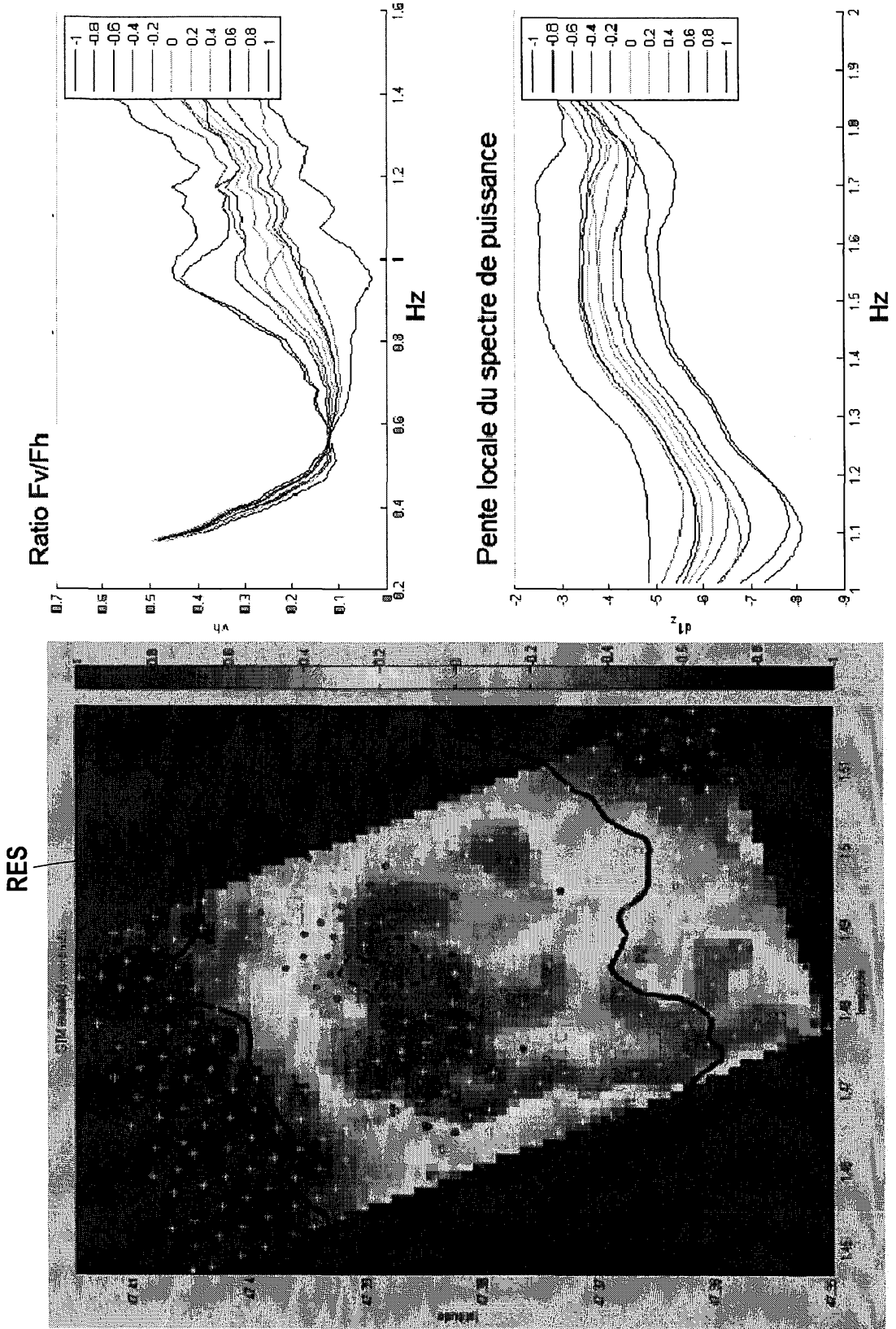


FIG.8

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

SAENGER E H ET AL: "A passive seismic survey over a gas field: Analysis of low-frequency anomalies", GEOPHYSICS, SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS, US, vol. 74, no. 2, 1 mars 2009 (2009-03-01), pages O29-O40, XP001520858, ISSN: 0016-8033, DOI: 10.1190/1.3078402

MARC-ANDRÉ LAMBERT ET AL: "Using spectral attributes to detect seismic tremor sources - a synthetic study", SEG TECHNICAL PROGRAM EXPANDED ABSTRACTS 2009, 1 janvier 2009 (2009-01-01), pages 2582-2586, XP055345855, DOI: 10.1190/1.3255382

Nima Riahi ET AL: "Analyzing passive seismic attributes: a statistical strategy", , 1 janvier 2011 (2011-01-01), XP055345864, Extrait de l'Internet: URL:<http://library.seg.org/doi/pdf/10.1190/1.3627528> [extrait le 2017-02-14]

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT

N° d'enregistrement national : 1655858

N° de publication : 3053125

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES