

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
30 août 2012 (30.08.2012)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/114033 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
G01V 1/36 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/050358
- (22) Date de dépôt international :
20 février 2012 (20.02.2012)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1151481 23 février 2011 (23.02.2011) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **TOTAL SA** [FR/FR]; 2 Place Jean Millier, La Défense 6, F-92400 Courbevoie (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **GEREA, Constantin** [RO/FR]; C/o TOTAL SA, CSTJF-EB 279, Avenue Larribau, F-64000 Pau (FR). **MOUGENOT, Jean-Marc** [FR/FR]; C/o TOTAL SA, CSTJF-EB 279, Avenue Larribau, F-64000 Pau (FR). **CLEMENT, Francis** [FR/FR]; C/o TOTAL SA, CSTJF-EB 279, Avenue Larribau, F-64000 Pau (FR).
- (74) Mandataires : **LOISEL, Bertrand** et al.; Cabinet Plasseraud, 52, rue de la Victoire, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR ACQUIRING SEISMIC DATA

(54) Titre : PROCEDE D'ACQUISITION DE DONNEES SISMIQUES

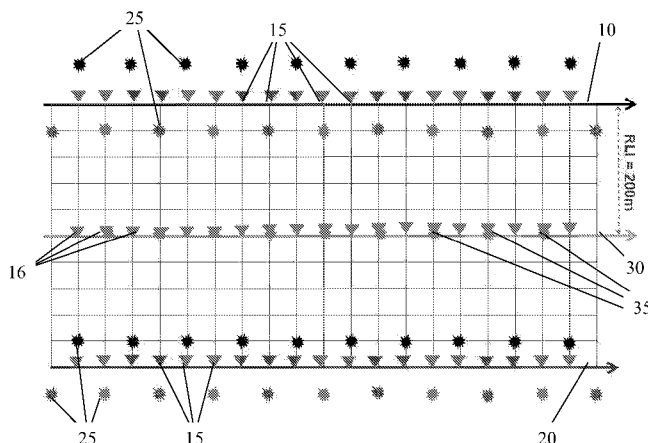


Fig. 5

(57) Abstract : The invention relates to lines of receivers arranged in an area to be explored and provided with geophones (15, 16) in respective receiver positions for measuring seismic waves from the subsoil. The lines of receivers include first parallel lines (10, 20) and second lines (30) parallel to the first lines and located in intermediate positions between the first lines. Seismic waves are emitted from source positions located along the first lines of receivers, and seismic data, representing waves measured by the various geophones in response to the emitted waves, are obtained. Said first seismic data are processed by seismic interferometry in order to estimate other seismic data representing responses, in at least some of the receiver positions, to waves emitted from a virtual source located in a receiver position (35) along a second line (30).

(57) Abrégé : Des lignes de récepteurs disposées dans une zone à explorer sont équipées de géophones (15, 16) en des positions de récepteur respectives pour mesurer des ondes sismiques depuis le sous-sol. Les lignes de récepteurs comprennent des premières lignes (10, 20) parallèles et des secondes lignes (30) parallèles

[Suite sur la page suivante]

WO 2012/114033 A1



Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

aux premières lignes et situées en des positions intermédiaires entre les premières lignes. Des ondes sismiques sont émises depuis des positions de source situées le long des premières lignes de récepteurs, et on obtient des données sismiques représentant des ondes mesurées par les différents géophones en réponse aux ondes émises. Ces premières données sismiques sont traitées par interférométrie sismique pour estimer d'autres données sismiques représentant des réponses, en au moins certaines des positions de récepteurs, à des ondes émises depuis une source virtuelle située en une position de récepteur (35) le long d'une seconde ligne (30).

PROCEDE D'ACQUISITION DE DONNEES SISMIQUES

[0001] La présente invention concerne les techniques d'imagerie sismique utilisées notamment pour la recherche d'hydrocarbures dans le sous-sol.

[0002] Il est connu, notamment dans l'exploration pétrolière, de déterminer la
5 position des réservoirs pétroliers à partir des résultats de mesures sismiques effectuées depuis la surface ou dans des puits de forage. Dans la technique de la sismique en réflexion, ces mesures impliquent l'émission dans le sous-sol d'une onde et la mesure d'un signal comportant diverses réflexions de l'onde sur les structures géologiques recherchées. Ces structures sont typiquement des
10 surfaces séparant des matériaux distincts, des failles...

[0003] Les mesures sont traitées pour reconstituer un modèle du sous-sol, en général sous forme d'images sismiques. Ces images peuvent être bidimensionnelles (sections sismiques) ou tridimensionnelles (blocs sismiques). Une image sismique se compose de pixels dont l'intensité est représentative
15 d'une amplitude sismique dépendant des variations locales d'impédance. Les géophysiciens sont habitués à analyser de telles images sismiques. Par l'observation visuelle, ils sont capables de séparer des zones du sous-sol ayant des caractéristiques différentes en vue de déterminer la structure du sous-sol.

[0004] Pour l'exploration offshore, il est généralement utilisé des hydrophones
20 répartis le long de lignes de récepteurs tirées par des navires et une source telle qu'un canon à air comprimé pour émettre les ondes sismiques en milieu marin.

[0005] Dans les zones désertiques ou de plaine d'accès facile, on utilise également des lignes de récepteurs le long desquelles sont disposées des géophones, et les tirs sont généralement effectués à l'aide de sources vibrantes
25 portées par des véhicules spéciaux se déplaçant dans la zone étudiée.

[0006] Dans des régions montagneuses ou de piémont inaccessibles aux vibrateurs, les tirs sont effectués à l'aide d'explosifs transportés à dos d'homme ou par hélicoptère jusqu'aux emplacements souhaités.

[0007] En milieu terrestre, il est nécessaire d'aménager le terrain pour y
30 installer les lignes de récepteurs. Le plus souvent, les géophones sont enfouis et

reliés les uns aux autres par des réseaux de câbles transportant les signaux utiles à l'acquisition des données. On peut aussi utiliser des géophones fonctionnant avec une station sans fil échangeant les informations de synchronisation par radio. La mise en place des sources requiert aussi une préparation du terrain pour
5 permettre l'enfouissement des explosifs ou la circulation des vibrateurs. Une fois les mesures terminées, les lignes sont démontées et le terrain doit être remis en état. Ces opérations sur le terrain contribuent de manière importante à la complexité et au coût de l'exploration. En zone désertique ces contraintes restent raisonnables. Mais lorsqu'on souhaite explorer le sous-sol de régions plus
10 difficiles d'accès ou dont le terrain présente du relief et/ou de la végétation, en particulier des régions montagneuses ou de piémont, le coût d'une campagne de mesures, lié notamment à l'aménagement des lignes de récepteurs, à l'acheminement ou l'installation des sources sismiques, à la préparation et la remise en état du terrain peut devenir très important voire prohibitif.

15 [0008] Il est possible de limiter le coût de la procédure d'exploration en réduisant la densité spatiale des positions de tir et des positions de récepteurs. Toutefois, ceci dégrade la qualité des images sismiques obtenues en raison d'un échantillonnage spatial réduit.

[0009] Dans les géométries orthogonales d'acquisition de relativement faible
20 densité ("sparse") pour la réalisation d'une imagerie sismique tridimensionnelle (3D), on place les tirs et les récepteurs à des positions relativement rapprochées les unes des autres le long des lignes individuelles, par exemple quelque dizaines de mètres, tandis que la distance entre ces lignes est relativement grande, par exemple de l'ordre de 1 km. L'intervalle entre les lignes gouverne la couverture
25 sismique ("fold"). Cette couverture sismique, correspondant au nombre de fois où une zone donnée du sous-sol est illuminée par les ondes sismiques émises, baisse lorsque l'intervalle entre lignes augmente. La couverture résultant de ces géométries « éparses » s'avère particulièrement médiocre aux profondeurs faibles et moyennes. Combinée aux fortes hétérogénéités de vitesse près de la
30 surface en zone montagneuse, cette couverture médiocre donne lieu à des données sismiques de mauvaise qualité, aux profondeurs faibles et moyennes, le signal mesuré étant dominé par des réverbérations d'ordre élevé, de la diffusion,

des couplages ondes de volume-ondes de surface. Ces géométries « éparses » classiques conviennent essentiellement à l'exploration en zone profonde, mais donnent de mauvais résultats pour la représentation de structures peu profondes.

[0010] Lorsque la géométrie orthogonale est trop éparse, la couverture n'est pas optimale à profondeur faible ou moyenne, et donne lieu à des artefacts qui ne peuvent être convenablement atténués par la technique de migration, même dans le cas idéal où on connaîtrait parfaitement le modèle du sous-sol pour l'imagerie.

[0011] Il existe donc un besoin de perfectionner les techniques d'imagerie sismique 3D utilisant des géométries d'acquisition à relativement faible densité.

10 [0012] Il est proposé un procédé d'acquisition de données sismiques, comprenant:

- disposer des lignes de récepteurs dans une zone à explorer, chaque ligne de récepteurs comprenant plusieurs géophones en des positions de récepteur respectives pour mesurer des ondes sismiques depuis le sous-sol, les lignes de récepteurs comprenant des premières lignes de récepteurs sensiblement parallèles entre elles et des secondes lignes de récepteurs sensiblement parallèles aux premières lignes de récepteurs et situées en des positions intermédiaires entre les premières lignes de récepteurs;
- 15 - émettre des ondes sismiques vers le sous-sol dans la zone à explorer, depuis des positions de source situées le long des premières lignes de récepteurs;
- 20 - obtenir des premières données sismiques représentant des ondes sismiques mesurées par les géophones des premières et secondes lignes de récepteurs en réponse aux ondes sismiques émises; et
- 25 - traiter les premières données sismiques par interférométrie sismique pour estimer des secondes données sismiques représentant des réponses, en au moins certaines des positions de récepteurs, à des ondes sismiques émises depuis une source virtuelle située en une position de récepteur le long d'une seconde ligne de récepteurs.
- 30

[0013] On procède à des tirs le long des lignes de récepteurs, mais seulement

une partie de ces lignes. L'interférométrie sismique permet de reconstruire des tirs virtuels aux positions des récepteurs physiques des autres lignes. Les secondes données sismiques correspondant à ces tirs virtuels peuvent être combinées aux premières données sismiques mesurées dans un processus ultérieur de migration en profondeur, par exemple une migration en temps inverse (RTM, "reverse-time migration").

[0014] Dans un mode de réalisation particulier du procédé, certains au moins des géophones de la seconde ligne de récepteurs appartiennent à des équipements sans fil. Ils peuvent alors être mis en place sans avoir à dégager une zone d'emprise sur le terrain pour l'installation de lignes de récepteurs complètes telles que les premières lignes de récepteurs qui sont en outre équipées pour la circulation du véhicule portant la source sismique.

[0015] L'espacement entre les premières lignes de récepteurs est typiquement supérieur à 300 m, tandis que l'espacement des positions de récepteur le long des lignes de récepteurs est inférieur à 100 m.

[0016] Les secondes lignes de récepteurs peuvent être placées sensiblement à mi-distance entre deux premières lignes de récepteurs adjacentes.

[0017] Les tirs peuvent être réalisés dans une configuration parallèle hybride, certaines positions de source étant alors décalées transversalement par rapport aux positions de récepteur le long des premières lignes de récepteurs.

[0018] La technique proposée est particulièrement bien adaptée à l'exploration du sous-sol en zone de montagne et/ou de piémont.

[0019] D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description ci-après d'un exemple de réalisation non limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une image sismique d'une zone de piémont obtenue avec une géométrie linéaire d'acquisition à faible densité;
- la figure 2 est un schéma montrant la géométrie d'acquisition linéaire utilisée pour obtenir l'image de la figure 1;

- la figure 3 est une image sismique de la même zone de piémont que la figure 1, obtenue avec une densité doublée pour les sources et les récepteurs;
- la figure 4 est un schéma montrant une géométrie d'acquisition linéaire hybride utilisable pour obtenir des images sismiques 3D; et
- la figure 5 est un schéma montrant un exemple de géométrie d'acquisition linéaire utilisable selon l'invention pour obtenir des images sismiques 3D.

[0020] La figure 1 montre un exemple d'image sismique obtenue à partir de données synthétiques avec une géométrie éparse pour l'acquisition des données sismiques, du genre représenté sur la figure 2. Dans cet exemple, des lignes de récepteurs 10, 20 ont entre elles un espacement horizontal RLI (Receiver Line Interval) de 400 m, tandis que le long des lignes 10, 20, les géophones 15, représentés comme des triangles sur la figure, sont espacés entre eux de 40 m (les mailles carrées sur les figures 2, 3 et 5 sont de dimensions 40 m × 40 m).

[0021] Sur la figure 2, les symboles d'explosion représentent les positions horizontales de la source sismique 25 (ou des sources sismiques) utilisée(s) pour effectuer des tirs à la suite desquels les récepteurs 15 enregistrent des données sismiques. Dans cet exemple, les tirs sont effectués le long des mêmes lignes 10, 20 que celles où sont placés les récepteurs 15. L'espacement SLI (Shot Line Interval) entre les lignes de sources et donc le même que celui RLI entre les lignes de récepteurs.

[0022] Pour une série de tirs, effectués en des positions de source 25 situées le long d'une ligne 10, 20, des enregistrements sismiques sont effectués en des positions de récepteurs distribuées le long de plusieurs lignes. Deux lignes seulement sont représentées sur la figure 2, mais en pratique le nombre de lignes est plus important. Par exemple, cinq lignes de récepteurs A, B, C, D, E sont installées parallèlement, et la source est déplacée le long de la ligne centrale C pour effectuer des tirs aux positions de source prescrites. Une fois cette série de tirs terminée, la ligne A à une extrémité est démontée puis réinstallée plus loin, de l'autre côté de la ligne E, puis la source est déplacée le long de la ligne D pour y effectuer de nouveaux tirs. Cette technique dite de "roll along" pour installer et

démonter des lignes est couramment pratiquée dans le domaine de l'exploration sismique terrestre.

[0023] La figure 3 montre une autre configuration possible des sources sismiques 25 le long des lignes de récepteurs 10, 20 disposées de la même manière que sur la figure 2. Dans cette configuration hybride, les positions de source 25 sont décalées transversalement par rapport aux positions de récepteur 15 le long des lignes de récepteurs 10, 20. Cette configuration en quinconce le long de tout ou partie des lignes améliore la distribution des décalages horizontaux (offsets) sans requérir de récepteurs supplémentaires ou de tirs supplémentaires.

[0024] La section sismique de la figure 1 a été obtenue par une technique de migration à partir du signal des géophones 15 avec une densité de 33 tirs par km², les tirs étant effectués le long de lignes parallèles 10, 20 suivant la configuration de la figure 2. On voit qu'aux profondeurs faibles et moyennes, la qualité de l'image sismique est médiocre du fait d'un bruit assez important.

[0025] Cette qualité est notablement améliorée dans la section sismique de la figure 4 qui a été obtenue à partir du même modèle synthétique que celle de la figure 1, mais avec une densité doublée (66 tirs par km²), c'est-à-dire que l'espacement SLI = RLI entre les lignes de récepteurs/tirs 10, 20 était de 200 m au lieu de 400 m.

[0026] L'amélioration de la qualité est au coût d'un doublement des travaux à accomplir pour installer les lignes de récepteurs et les sources. Ceci peut être particulièrement problématique en zone de montagne ou de piémont.

[0027] Des techniques interférométriques sont utilisées selon l'invention pour limiter l'incidence de ce problème tout en produisant des images sismiques de qualité satisfaisante.

[0028] Dans la réalisation illustrée schématiquement sur la figure 5, on augmente le nombre de lignes de récepteurs en ajoutant aux premières lignes 10, 20 décrites précédemment des secondes lignes de récepteurs 30 parallèles à ces premières lignes et situées en des positions intermédiaires entre les premières

lignes 10, 20. Dans l'exemple représenté, la distance RLI entre les lignes de récepteurs est de 200 m, alors que la distance SLI entre les lignes de source est de 400 m. Dans la seconde ligne 30 placée approximativement à mi-distance entre deux premières lignes adjacentes 10, 20, on utilise typiquement des géophones 16 appartenant à des équipements sans fil transportables dans des zones de montagne, ne nécessitant pas de lourds travaux de préparation et de remise en état du terrain.

[0029] Sur la figure 5, on a représenté des positions de source 25 disposées en quinconce le long des premières lignes 10, 20 comme dans le cas de la figure 3. On notera que les sources de 25 peuvent aussi être alignées sur les premières lignes 10, 20 comme dans la configuration la figure 2. D'autres configurations sont encore possibles. D'autre part, bien que les lignes 10, 20, 30 soient représentées rectilignes sur les figures 2, 3 et 5, elles peuvent dans la pratique avoir des formes non rectilignes assez variées, particulièrement lorsque les mesures sont effectuées en zone de montagne ou de piémont. La géométrie d'acquisition est à base de lignes généralement parallèles, avec une anisotropie prononcée. L'espacement entre les lignes de récepteurs 10, 20 est typiquement supérieur à 300 m, tandis que l'espacement des positions de récepteur 15, 16 le long des lignes de récepteurs 10, 20, 30 est beaucoup plus faible, typiquement inférieur à 100 m.

[0030] Le long des secondes lignes 30, il n'est pas effectué de tirs réels à l'aide de sources sismiques telles que des explosifs ou des vibrateurs. Ces tirs réels ne sont effectués que le long des premières lignes 10, 20, et donnent lieu à l'enregistrement de données sismiques par tous les récepteurs 15, 16, ceux des premières lignes 10, 20 et ceux des secondes lignes 30. Les données sismiques ainsi collectées sont ensuite traitées par interférométrie sismique afin d'estimer la réponse des récepteurs 15 des premières lignes 10, 20 à des tirs virtuels localisés aux emplacements de certains des récepteurs 16 des secondes lignes 30.

[0031] Les techniques d'interférométrie sismique à corrélations croisées permettent de générer de nouveaux enregistrements sismiques par corrélation d'enregistrements existants. Elles sont bien connues dans le domaine de l'acquisition de données sismiques, et décrites par exemple dans les demandes

de brevet, WO 2008/070595 A2, WO 2008/070597 A2, WO 2008/106511 A1, WO 2010/120418 A1, EP 2 166 378 A2, EP 2 169 431 A2, US 2010/0054083 A1. Lorsqu'un récepteur A capte une onde sismique en provenance du sous-sol, cette onde se réfléchit également en surface, ce qui renvoie vers le sous-sol une
5 composante réfléchie. Cette composante réfléchie peut se réfléchir à nouveau sur des structures peu profondes situées à proximité du récepteur A, puis atteindre un ou plusieurs autres récepteurs B. En analysant les corrélations temporelles entre les mesures effectuées par les récepteurs A et B, on arrive à estimer des fonctions de transfert entre positions de récepteurs ou, en d'autres termes, à
10 estimer la réponse en une position de récepteur B à des ondes qui seraient émises par une source virtuelle placée au niveau d'un autre récepteur A.

[0032] Ces calculs de corrélation permettent d'enrichir les données représentatives des structures relativement peu profondes de la zone explorée. Les techniques d'interférométrie répondent ainsi au besoin d'augmenter la
15 couverture sismique, ce qui est particulièrement souhaitable pour l'exploration en zone de piémont, sans avoir à installer de véritables sources sismiques le long d'une partie des lignes. Dans l'exemple de la figure 5, des sources sismiques 25 ne sont utilisées que le long d'une ligne sur deux. Le long des autres lignes 30, on place des géophones 16, et des tirs virtuels sont simulés par interférométrie en
20 des positions 35 correspondant à tout ou partie des positions des géophones 16.

[0033] Les calculs d'interférométrie sismique peuvent être mis en œuvre à l'aide d'un ou plusieurs ordinateurs. Chaque ordinateur peut comprendre un processeur, une mémoire pour stocker des données de programme et l'exécuter, un système de stockage permanent tel qu'un ou plusieurs disques durs, des ports
25 de communication pour gérer des communications avec des dispositifs externes, notamment pour récupérer les différentes données enregistrées par les récepteurs 15, 16 au cours de la campagne de mesures, et des interfaces utilisateurs comme par exemple un écran, un clavier, une souris, etc.

[0034] Typiquement, les calculs sont effectués en utilisant des modules
30 logiciels qui peuvent être stockés, sous forme d'instructions de programmes ou de code lisible par l'ordinateur et exécutable par le processeur, sur un support approprié tel qu'une mémoire lecture seule (ROM), une mémoire à accès

aléatoire (RAM), des CD-ROMs, des bandes magnétiques, des disquettes et des dispositifs optiques de stockage de données. Le ou les ordinateurs peuvent également être équipés de modules logiciels qui vont traiter les données sismiques, c'est-à-dire celles qui ont été directement mesurées par les récepteurs 5 15, 16 et celles qui ont été déduites par interférométrie sismique, pour générer des images sismiques par des techniques connues de migration 3D, notamment en temps inverse (RTM).

[0035] Les modes de réalisation décrits ci-dessus sont des illustrations de la présente invention. Diverses modifications peuvent leur être apportées sans sortir 10 du cadre de l'invention qui ressort des revendications annexées.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'acquisition de données sismiques, comprenant:
 - disposer des lignes de récepteurs (10, 20, 30) dans une zone à explorer, chaque ligne de récepteurs comprenant plusieurs géophones (15, 16) en des positions de récepteur respectives pour mesurer des ondes sismiques depuis le sous-sol, les lignes de récepteurs comprenant des premières lignes de récepteurs (10, 20) sensiblement parallèles entre elles et des secondes lignes de récepteurs (30) sensiblement parallèles aux premières lignes de récepteurs et situées en des positions intermédiaires entre les premières lignes de récepteurs;
 - émettre des ondes sismiques vers le sous-sol dans la zone à explorer, depuis des positions de source (25) situées le long des premières lignes de récepteurs;
 - obtenir des premières données sismiques représentant des ondes sismiques mesurées par les géophones des premières et secondes lignes de récepteurs en réponse aux ondes sismiques émises; et
 - traiter les premières données sismiques par interférométrie sismique pour estimer des secondes données sismiques représentant des réponses, en au moins certaines des positions de récepteurs, à des ondes sismiques émises depuis une source virtuelle située en une position de récepteur (35) le long d'une seconde ligne de récepteurs.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel certains au moins des géophones (16) de la seconde ligne de récepteurs (30) appartiennent à des équipements sans fil.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'espacement entre les premières lignes de récepteurs (10, 20) est supérieur à 300 m, tandis que l'espacement des positions de récepteur (15, 16) le long des lignes de récepteurs (10, 20, 30) est inférieur à 100 m.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les secondes lignes de récepteurs (30) sont placées sensiblement à mi-distance entre deux premières lignes de récepteurs adjacentes (10, 20).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel certaines positions de source (25) sont décalées transversalement par rapport aux positions de récepteur (15) le long des premières lignes de récepteurs (10, 20).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la zone à explorer comporte une zone de montagne et/ou de piémont.

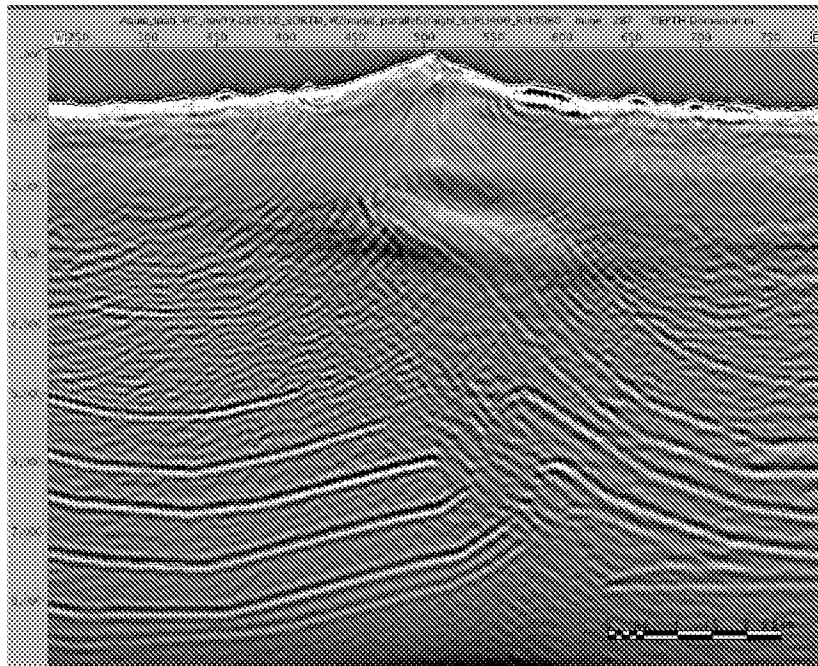


Fig. 1

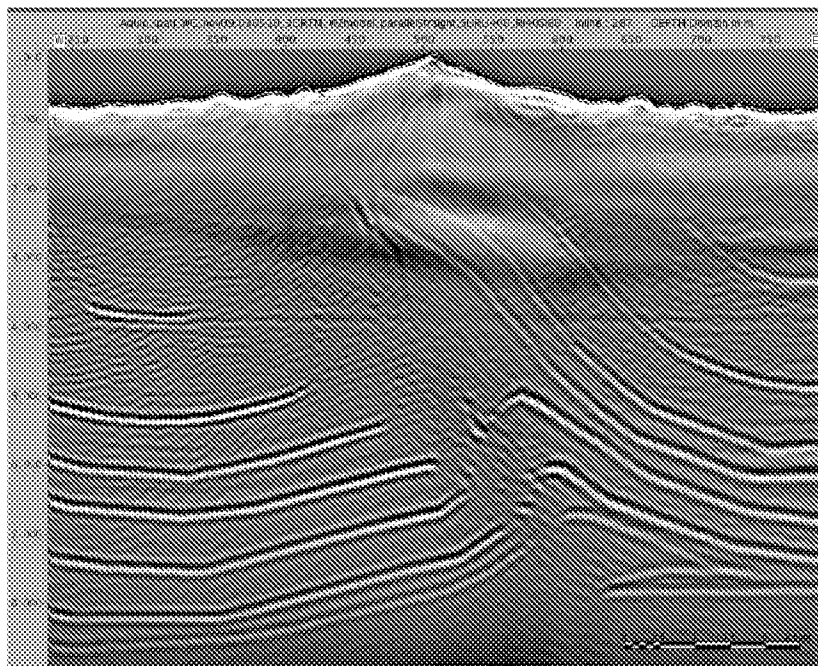


Fig. 4

2/3

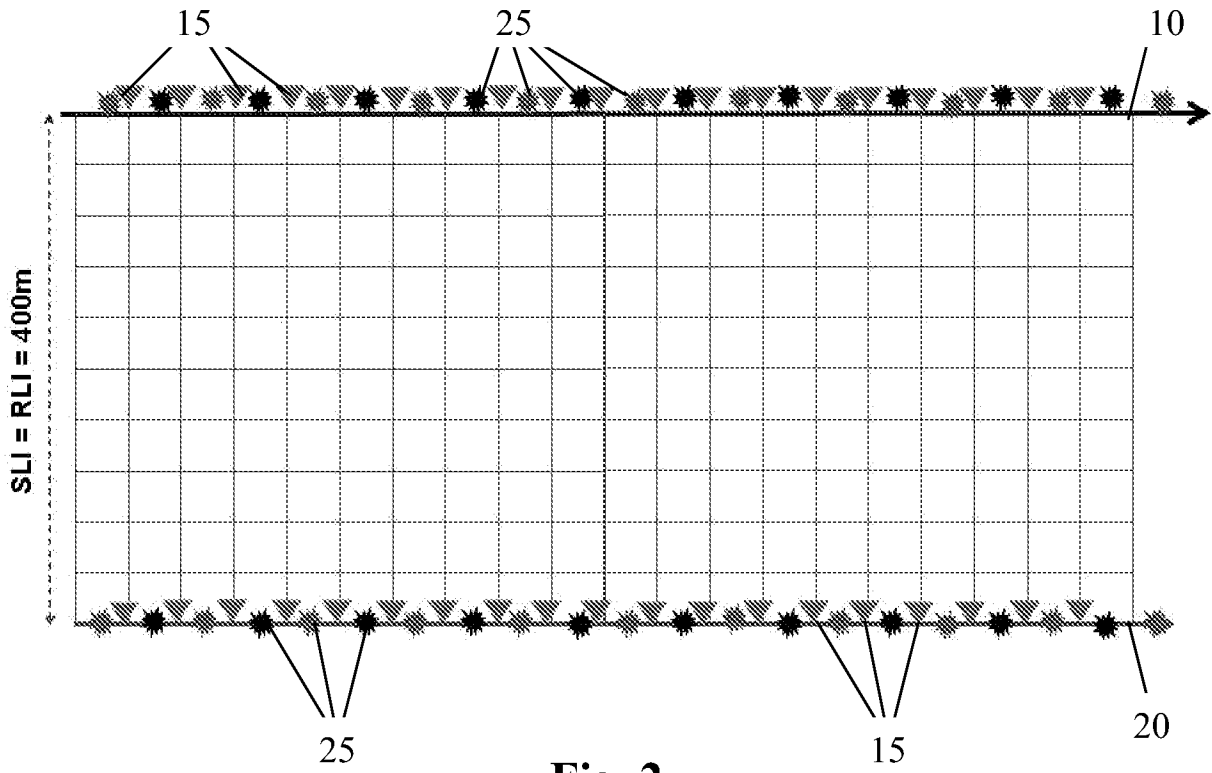


Fig. 2

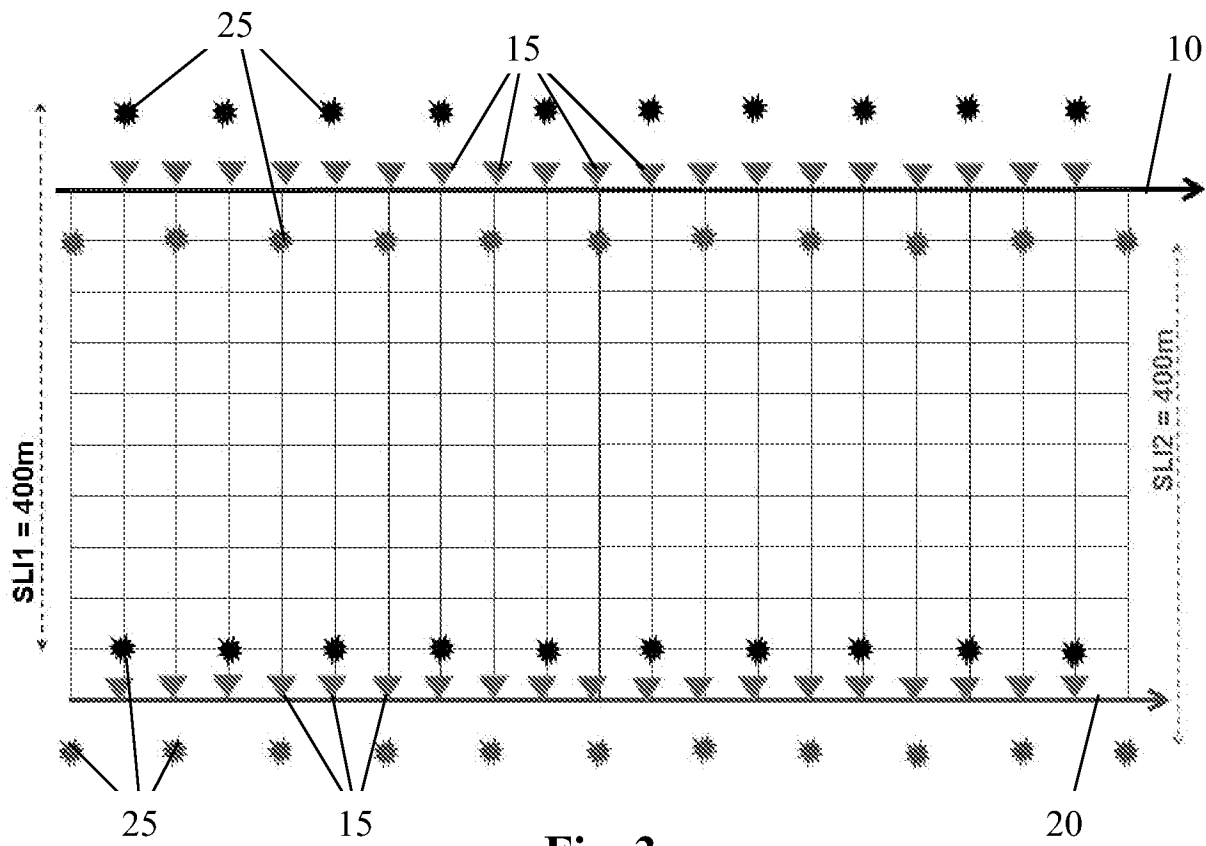


Fig. 3

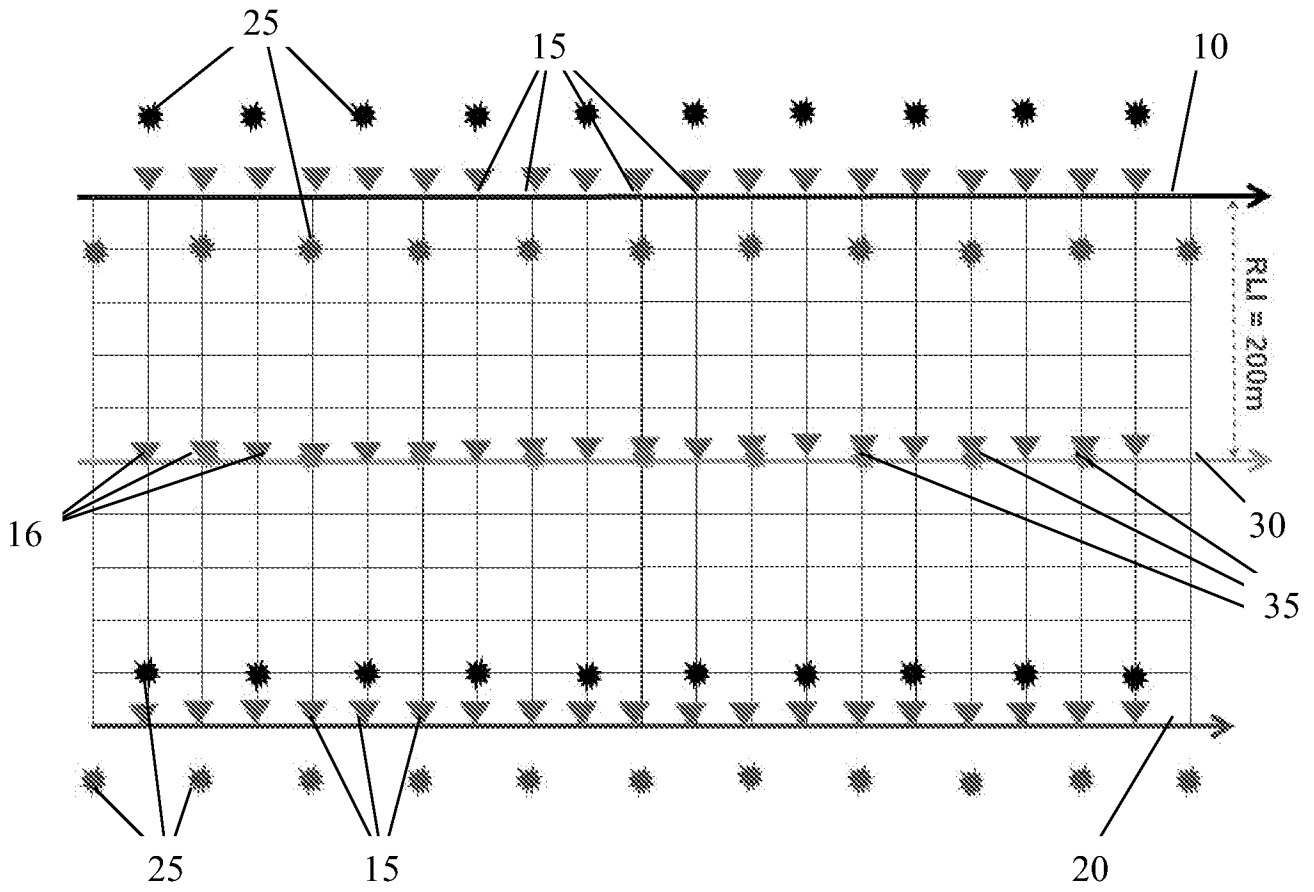


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/050358

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G01V1/36
 ADD.
 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)
 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 practicable, search terms used)
 EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ANDREW CURTIS: "Source-Receiver Seismic Interferometry", SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS - CONFERENCE PAPER, September 2009 (2009-09), pages 3655-3659, XP002667859, Houston the whole document ----- -/--	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family 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 application or patent 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
 12 April 2012

Date of mailing of the international search report
 10/05/2012

Name and mailing address of the ISA/
 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer
 Marquart, N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/050358

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DAVID HALLIDAY AND ANDREW CURTIS: "An interferometric theory of source-receiver scattering and imaging", GEOPHYSICS, SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS, US, vol. 75, no. 6, 1 November 2010 (2010-11-01), pages SA95-SA103, XP001561997, ISSN: 0016-8033, DOI: 10.1190/1.3486453 [retrieved on 2010-10-21] the whole document	1-6
X	----- WO 2008/106511 A1 (STORK CHRISTOF [US]) 4 September 2008 (2008-09-04) page 1, line 9 - page 6, line 2 -----	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2012/050358

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2008106511	A1	04-09-2008	
		CA 2679379 A1	04-09-2008
		GB 2459622 A	04-11-2009
		US 2008215246 A1	04-09-2008
		US 2011069580 A1	24-03-2011
		WO 2008106511 A1	04-09-2008

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/050358

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01V1/36 ADD.		
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) 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 cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	ANDREW CURTIS: "Source-Receiver Seismic Interferometry", SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS - CONFERENCE PAPER, septembre 2009 (2009-09), pages 3655-3659, XP002667859, Houston le document en entier ----- -/--	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		<input checked="" type="checkbox"/> 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 12 avril 2012		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 10/05/2012
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, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Marquart, N

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/050358

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>DAVID HALLIDAY AND ANDREW CURTIS: "An interferometric theory of source-receiver scattering and imaging", GEOPHYSICS, SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS, US, vol. 75, no. 6, 1 novembre 2010 (2010-11-01), pages SA95-SA103, XP001561997, ISSN: 0016-8033, DOI: 10.1190/1.3486453 [extrait le 2010-10-21] le document en entier</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-6
X	<p>WO 2008/106511 A1 (STORK CHRISTOF [US]) 4 septembre 2008 (2008-09-04) page 1, ligne 9 - page 6, ligne 2</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-6

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2012/050358

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2008106511 A1	04-09-2008	CA 2679379 A1	04-09-2008
		GB 2459622 A	04-11-2009
		US 2008215246 A1	04-09-2008
		US 2011069580 A1	24-03-2011
		WO 2008106511 A1	04-09-2008
