(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 533 706**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **83 15450**

(51) Int Cl³ : G 01 S 15/88.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 28 septembre 1983.

(30) **Priorité** US, 29 septembre 1982, n° 428320.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 13 du 30 mars 1984.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *BAECKER Donald Ray et BIJOU Joseph Victor.* — US.

(72) **Inventeur(s) :** Donald Ray Baecker et Joseph Victor Bijou.

(73) **Titulaire(s) :**

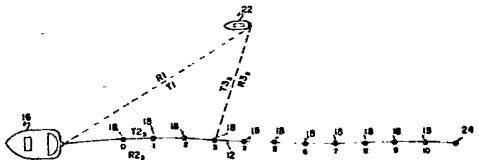
(74) **Mandataire(s) :** Simonnot.

(54) Ensemble et procédé de localisation d'un objet marin remorqué.

(57) L'invention concerne la localisation des objets remorqués en mer.

Elle se rapporte à un ensemble dans lequel le navire remorqueur 16 est assisté d'un navire auxiliaire 22. Le navire remorqueur dispose d'un émetteur-récepteur et le navire auxiliaire d'un récepteur acoustique. L'objet remorqué, une flûte 12 comporte des transpondeurs 18 qui sont localisés successivement, par mesure de diverses durées et distances.

Application à l'affinement des relevés sismiques en mer.



FR 2 533 706 - A1

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

La présente invention concerne un ensemble et un procédé de détermination de l'emplacement d'un objet marin remorqué par rapport au navire remorqueur. Plus précisément, elle concerne un ensemble et un procédé de détermination du profil horizontal d'un câble sismique marin remorqué.

La recherche d'hydrocarbures est entreprise très largement, y compris dans les régions recouvertes d'eau mais ayant un potentiel élevé. La plus grande partie des régions couvertes par de l'eau n'est pas explorée et on sait peu de choses sur la configuration de la structure des formations recouvertes.

Au cours des explorations sismiques marines, un long câble sismique (appelé "flûte") est habituellement remorqué derrière un navire. Ces câbles portent en général un appareil détecteur, tel que des hydrophones ou transducteurs sismiques, qui détecte l'énergie des ondes réfléchies et transmet des signaux qui en sont représentatifs, ces signaux provenant d'une source acoustique, par exemple de la dynamite, qui introduit un front d'onde acoustique dans la formation terrestre placée sous la masse d'eau en cours d'exploration. Les hydrophones prélèvent les ondes sismiques réfléchies par les structures géologiques de la formation souterraine.

Les câbles ont par exemple plusieurs dizaines et et centaines de mètres de longueur et peuvent atteindre plusieurs kilomètres, et ils comportent des tronçons de câble couplés bout à bout les uns aux autres. Habituellement, chaque tronçon porte un ou plusieurs dispositifs à hydrophone ou transducteur sismique. Les câbles sont habituellement formés de manière que leur flottabilité soit neutre, et on a mis au point divers systèmes destinés à déterminer le profil vertical du câble, comme décrit par exemple dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3 439 319.

Un problème qui n'a pas été résolu, bien que différentes tentatives de résolution aient été faites, est la détermination de la configuration de la flûte dans l'eau

lorsqu'elle est remorquée, c'est-à-dire celle du profil horizontal du câble. Les courants, le sillage et analogues provoquent un déplacement du câble suivant un trajet imprévisible au-dessus de la formation géologique explorée. Ainsi, l'emplacement d'un dispositif sismique déterminé quelconque au moment où il reçoit une onde réfléchie n'est pas connu avec précision.

En général, on suppose en pratique que le câble est en ligne droite derrière le navire remorqueur. Ceci est sans doute rarement le cas. On utilise parfois des relevés tridimensionnels afin de compenser cette imprécision. Un tel système est représenté dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3 906 352.

Une première tentative de détermination de la position angulaire horizontale d'un câble sismique remorqué est décrite dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3 953 827 qui décrit la mesure de l'angle formé par la tangente au câble et à un dispositif de mesure, et une direction fixe et connue, à l'aide d'une courbe optimisée du câble et de l'espacement des dispositifs de mesure, ce système donnant la position dans l'espace des dispositifs de mesure et, par interpolation, l'emplacement du dispositif sismique le long de la courbe. Ce système manque de précision car il repose sur des hypothèses relatives au profil horizontal du câble.

Selon un avantage de la présente invention, l'emplacement d'un objet marin remorqué par rapport au navire remorqueur peut être déterminé avec précision. Il est particulièrement avantageux qu'un profil précis de la configuration horizontale d'un câble sismique remorqué puisse être déterminée. Il est en outre avantageux selon l'invention qu'un procédé de détermination continue du profil du câble sismique soit disponible.

L'ensemble selon l'invention, destiné à la localisation d'un objet marin remorqué par un rapport à un navire remorqueur (position horizontale), comprend un navire remorqueur (navire principal) ayant un émetteur acous-

tique destiné à émettre un premier signal acoustique, un récepteur acoustique destiné à recevoir un second signal acoustique, un dispositif radioélectrique destiné à recevoir une information d'un navire auxiliaire, un objet remorqué raccordé au navire remorqueur et ayant au moins un émetteur-récepteur acoustique asservi ou transpondeur qui lui est associé afin qu'il soit interrogé par le premier signal acoustique et émette un second signal acoustique (réponse), un navire auxiliaire placé à une distance connue et dans une position connue sur le travers du navire remorqueur, ayant un récepteur acoustique destiné à recevoir le premier signal acoustique et le second signal acoustique et comportant un dispositif de télémétrie radioélectrique destiné à transmettre l'information du signal acoustique vers le navire remorqueur, et un dispositif de synchronisation des récepteurs acoustiques sur le navire auxiliaire et le navire principal. Les signaux acoustiques sont émis dans la masse d'eau.

Dans son application la plus générale, l'invention peut être mise en oeuvre pour la localisation de tout objet remorqué, tel qu'un sonar à balayage latéral, une bouée ou analogue, par rapport au navire remorqueur, un seul transpondeur pouvant être utilisé. Dans un mode de réalisation particulier, concernant un câble sismique, plusieurs transpondeurs sont placés le long du câble remorqué et sont interrogés successivement le long du câble à partir du navire remorqueur.

De préférence, lorsque plusieurs transpondeurs sont associés à l'objet remorqué, chacun des transpondeurs émet une impulsion ou un signal à une fréquence différente (de celle des autres signaux et du signal interrogateur aussi) si bien que le transpondeur est identifié non seulement par la séquence des impulsions mais aussi par la fréquence.

La position de chaque transpondeur remorqué est déterminée par trilatération des distances acous-

tiques. Le navire auxiliaire est placé par le travers et de préférence vers l'arrière du navire remorqueur.

L'emplacement exact (position horizontale) du navire auxiliaire par rapport au navire remorqueur (aussi appelé navire principal) est déterminé à l'aide d'un même dispositif de localisation radioélectrique, tel que Argo, Syledis et analogue, pour les deux navires. Il s'agit d'une procédure de radionavigation totalement classique. Toutes erreurs systématiques existant entre les navires principal et auxiliaire sont supprimées par un système distance-distance de haute précision, par exemple le système "Autotape" (Cubic Western Company) qui est un système de détermination de position par propagation de microondes du type distance-distance, ayant une précision de $\pm$ 10 cm environ. Cette distance entre les navires principal et auxiliaire forme l'axe de base pour la trilatération et donne aussi la distance utilisée pour l'étalonnage de la vitesse du son dans l'eau afin que toutes les variations de la vitesse acoustique puissent être corrigées constamment.

Le navire principal émet un signal acoustique (impulsion) qui excite (interroge) chaque transpondeur acoustique placé le long du câble, et chaque transpondeur émet alors un signal (impulsion) que prélèvent à la fois les récepteurs acoustiques principal et auxiliaire. A l'aide de l'intervalle de temps obtenu avec le premier signal émis par le navire principal et la vitesse du son dans l'eau (étalonnée pour l'eau particulière), la distance, c'est-à-dire la distance séparant les navires principal et auxiliaire de chaque transpondeur, peut être calculée avec une grande précision.

La chaîne de synchronisation du navire auxiliaire est synchronisée sur celle du navire principal, c'est-à-dire que le navire principal commande son propre récepteur acoustique et celui du navire auxiliaire afin que les deux récepteurs aient un même temps, correspondant au moment où le premier signal acoustique est

émis pour l'interrogation du ou des transpondeurs. L'opération est réalisée avantageusement par radiotélémétrie, de la même manière que l'information concernant les signaux acoustiques est transmise du navire auxiliaire au navire principal.

Le navire auxiliaire transmet son information (moment de la réception du signal acoustique et information sur la navigation) au navire principal lorsque le calcul d'étalonnage et des distances est avantageusement réalisé par ordinateur. Une présentation visuelle continue et/ou un enregistrement du profil horizontal du câble peuvent être présentés afin qu'ils soient corrélés à l'information sismique reçue par les dispositifs sismiques. En conséquence, un enregistrement sismique extrêmement précis des structures sous-marines est réalisé. L'ensemble selon l'invention peut être utilisé avec un seul objet remorqué (câble sismique) ou avec plusieurs objets remorqués tels que des câbles parallèles utilisés pour la détermation de profils sismiques tridimensionnels. Cependant, dans de nombreux cas, l'excellente précision donnée par l'ensemble selon l'invention peut éliminer la nécessité des explorations tridimensionnelles plus coûteuses.

Bien qu'on décrive l'invention avec utilisation du navire remorqueur comme navire principal, l'un ou l'autre des navires peut être le navire principal et l'autre le navire auxiliaire.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est une élévation représentant schématiquement les éléments marins d'un ensemble selon l'invention ;

la figure 2 est une vue en plan schématique des différents éléments marins de l'ensemble selon l'invention ; et

la figure 3 est une représentation proportionnelle des temps correspondant aux divers signaux des

transpondeurs, parvenant au navire auxiliaire ou principal.

La figure 1 représente un câble sismique 12 placé dans l'eau 14 derrière un navire remorqueur 16 et ayant sur sa longueur des transpondeurs 18. Un émetteur-récepteur acoustique 20 tel que du type ART-285 de Datasonics, Inc., Cataumet, Mass. est monté sur le navire remorqueur, un navire auxiliaire 22 est placé par le travers et vers l'arrière du navire remorqueur, à 1,5 à 3 km du câble 14 et à peu près vers le milieu de ce câble. Le navire auxiliaire 22 est représenté sous forme d'un bateau à voiles car de tels navires ont une excellente stabilité, bien que l'utilisation de moteurs puisse être envisagée pour le maintien du navire auxiliaire dans sa position. Bien qu'il soit préférable que le navire auxiliaire soit alimenté indépendamment, il peut aussi être commandé à distance à partir du navire remorqueur ou il peut même être remorqué.

La figure 2 représente le navire remorqueur 16, le navire auxiliaire 22 et un câble allongé 12 ayant onze transpondeurs acoustiques 18 repérés successivement par les références 0 à 10, par exemple du type ANT-388, destinés à de telles flûtes (Datasonic, Inc.), espacés sur sa longueur. Une bouée 24 de queue est représentée et elle est utile pour l'indication à d'autres navires ou pour la récupération du câble, au cas où il se séparerait du navire remorqueur. La position du navire auxiliaire 22 par rapport au navire remorqueur a été déterminée à l'aide du système de radionavigation déjà utilisé pour la détermination de leurs positions. Bien que ces systèmes soient très précis dans l'optique d'une navigation, une exactitude de l'ordre de quelques mètres est plus que suffisante dans l'application prévue. En conséquence, il est souhaitable de vérifier ou étalonner le système de navigation pour l'application particulière à l'invention. L'opération est facilement réalisée par mise en oeuvre de l'une quelconque de plusieurs méthodes disponibles du type distance-distance utilisées pour les déterminations exactes des

distances. La détermination précise de la distance séparant le navire auxiliaire du navire principal ne fait pas partie de l'invention et peut être obtenue par des systèmes connus.

Le système particulier qui donne une précision meilleure que ± 10 cm est un système de propagation de microondes disponible auprès de Cubic Western Company sous le nom "Autotape". En résumé, ce système met en oeuvre deux transpondeurs montés sur le navire principal et un seul transpondeur principal monté sur le navire auxiliaire. La distance séparant les deux transpondeurs placés sur le navire remorqueur ($Dist._{12}$) est connue. La distance comprise entre chacun de ces transpondeurs et le transpondeur principal ($Dist_1$ et $Dist_2$ respectivement) est déterminée. Comme ces distances sont maintenant connues, l'angle ϕ (formé entre l'axe de base passant par les transpondeurs du navire principal et $Dist_1$) peut être déterminé avec l'équation :

$$\phi = \arccos \frac{Dist_{12}^2 + Dist_1^2 - Dist_2^2}{2\ Dist_1 \cdot Dist_{12}}$$

Une fois connu l'angle ϕ, la distance déterminée à l'aide du système de radionavigation peut être comparée à celle de la détermination distance-distance, et la navigation peut être étalonnée le cas échéant à partir du système distance-distance qui est plus précis. Tout système qui a une précision supérieure à celle d'un système de radionavigation peut être utilisé, plus la précision étant grande et plus l'avantage étant important. Actuellement, un appareillage laser disponible donnant la plus grande précision n'est pas au point pour l'utilisation sur une plate-forme instable et mobile formée par un navire en mer (le faisceau est trop étroit et difficile à repérer avec précision). Cependant, on considère qu'un tel système, lorsque ce problème sera résolu, sera excellent pour l'étalonnage.

Lorsque la distance T_1 entre le navire principal 16 et le navire asservi 22 a été déterminée, la droite correspondante joue le rôle de l'axe de référence

et constitue un côté du triangle utilisé pour la trilatération.

Il existe divers procédés de détermination de la vitesse du son dans l'eau de mer mais, étant donné la distance T_1 mesurée avec précision, cette vitesse peut être déterminée avec précision et de façon continue à l'aide de l'appareil marin dans lequel l'ensemble selon l'invention est utilisé.

L'ensemble selon l'invention est mis en oeuvre avec un signal ou une impulsion acoustique provenant d'un dispositif tel qu'un transducteur interrogateur AT-490 (Datasonics, Inc.), le signal provenant du navire remorqueur 16 (principal) interrogeant chaque transducteur acoustique 18 (0-10) successivement (0-10) étant donné la disposition successive des transpondeurs le long du câble. Chaque transpondeur émet alors un signal acoustique ou une impulsion qui est de préférence à une fréquence désignée différente de celle des autres transpondeurs.

Le navire principal 16 et le navire auxiliaire sont tous deux équipés de récepteurs acoustiques (tels que du type ART-285, le navire auxiliaire ne nécessitant qu'une possibilité de réception) afin que les signaux acoustiques provenant des transpondeurs 18 soient reçus. Le navire auxiliaire reçoit aussi le signal du navire principal. L'information acoustique reçue par le navire auxiliaire est transmise à une fréquence radioélectrique au navire principal. L'information collectée des signaux acoustiques permet facilement le calcul précis des distances R_2 et R_3 pour chaque transpondeur 18, à l'aide des équations :

$$Vs = \frac{R1}{T1}$$

$$R2 = \frac{T2}{2} \times Vs$$

$$R3 = T3 \times Vs$$

dans lesquelles :

T1 est le temps nécessaire à un aller simple du navire principal au navire auxiliaire

T2 est le temps nécessaire à la propagation du navire principal vers chacun des transpondeurs désignés

T3 est le temps nécessaire à un aller simple du transpondeur correspondant au navire auxiliaire (déterminé par soustraction de T2/2 du temps écoulé à partir de l'émission du signal principal jusqu'à la réception du signal de réponse du transpondeur désigné par le navire auxiliaire)

R1 est la distance entre le navire principal et le navire auxiliaire (déterminée par un système distance-distance)

R2 est la distance entre le navire principal et chacun des transpondeurs choisis

R3 est la distance entre le navire auxiliaire et le transpondeur correspondant, et

Vs est la vitesse du son dans l'eau de mer.

Les calculs sont avantageusement effectués par ordinateur et affichés graphiquement de manière continue ou enregistrés afin qu'ils puissent être évalués avec l'enregistrement sismique.

Il faut noter que le paramètre R1 est le même que la distance suivant l'axe de référence déterminée comme décrit précédemment, et la vitesse du son dans l'eau est déterminé par utilisation des valeurs connues de R1 et du temps écoulé entre l'émission du signal principal et sa réception par le navire auxiliaire.

La figure 2 représente la relation observée dans le cas d'un transpondeur 18 (3). Le temps T2 est appelé $T2_3$ et la distance $R2_3$ correspondant au temps et à la distance du transpondeur 18 (3) par rapport au navire principal 16. Le temps T3 est représenté sous la forme $T3_3$ et la distance R3 sous la forme $R3_3$, et ils correspondent à la durée et à la distance du transpondeur 18 (3) par rapport au navire auxiliaire 22. Le temps T1 et la distance R1 sont utilisés comme constante pour une série particulière de localisation de câble. Ceci est possible car toute la procédure, lorsque le navire principal a émis le signal d'interrogation, prend seulement 4 à 6 s, si bien que la position relative des deux navires n'a pas eu le

temps de changer de manière appréciable.

Lorsque chaque transpondeur 18 et l'émetteur du navire principal émettent à des fréquences désignées différentes, les récepteurs des navires principal et auxiliaire sont adaptés à distinguer entre les fréquences et à corréler les temps T1, T2 et T3 au transpondeur désigné.

Si des signaux différents et distincts ne sont pas utilisés pour chacun des signaux, le récepteur du navire auxiliaire est destiné à reconnaître le premier signal comme ayant été émis par le navire principal, le second signal comme provenant du transpondeur 18 (0), le troisième du transpondeur 18 (1) et ainsi de suite ; le récepteur du navire principal reconnaît le premier signal comme ayant été émis par le transpondeur 18 (0), le second par le transpondeur 18 (1), le troisième par le transpondeur 18 (2) et ainsi de suite. L'appareil émetteur-récepteur ainsi que le transpondeur acoustique sont tous de type classique et, mis à part leur combinaison selon l'invention, ils ne font pas partie de celle-ci. De même, l'appareillage comprenant l'ordinateur est classique et le programme éventuellement utilisé pour la résolution de l'équation et la présentation graphique, le cas échéant, de la configuration du câble peut être facilement réalisé par l'homme du métier.

La figure 3 représente la séquence dans le temps d'une séquence d'opération du mode de réalisation de la figure 2, sous forme graphique. La figure 3 représente en représentation graphique et proportionnelle la séquence de réception de signaux acoustiques provenant des transpondeurs 18 (0-10) par le récepteur du navire principal et par le récepteur du navire auxiliaire, dans le cas d'un câble ayant une longueur d'environ 3,6 km, les transpondeurs 18 étant à peu près équidistants. L'ensemble de la séquence, depuis l'émission du signal d'interrogation du navire principal, dure moins de 5 s (dans l'hypothèse d'une vitesse du son dans l'eau d'environ

1476 m/s).

La référence T0 (T zéro) correspond au déclenchement de la séquence et à l'émission du signal d'interrogation par le navire principal. Les récepteurs acoustiques des navires principal et auxiliaire sont synchronisés par télémétrie radioélectrique afin qu'ils soient synchronisés pour un même point initial T0 dans la séquence. Sur la figure 3, la durée des signaux acoustiques est représentée pour chacun des transpondeurs (les indices désignant les transpondeurs 0 à 10 de la figure 2). T2, le temps écoulé depuis T0 jusqu'à la réception par le navire principal du signal du transpondeur, est en réalité le temps nécessaire au signal d'interrogation pour atteindre le transpondeur et au signal de réponse du transpondeur pour revenir au navire principal, c'est-à-dire que la durée d'un aller est égale à T2/2.

Le procédé de localisation d'un objet remorqué tel qu'un câble sismique peut être répété dès que la séquence précédente s'est terminée, c'est-à-dire par exemple toutes les 6 secondes environ le cas échéant. De même, le procédé peut être réglé à tout intervalle voulu afin qu'il donne l'information voulue de positionnement ou que les batteries d'accumulateurs des transpondeurs soient épargnées, ou pour d'autres raisons.

REVENDICATIONS

1. Ensemble de localisation d'un objet marin remorqué par rapport à un navire remorqueur, caractérisé en ce qu'il comprend :

(a) un navire remorqueur (16),

(b) un second navire (22) séparé du navire remorqueur par une distance connue et placé par le travers du navire remorqueur,

(c) un objet remorqué (12) relié au navire remorqueur et ayant au moins un transpondeur acoustique (18) associé, destiné à être interrogé par un premier signal acoustique afin que le transpondeur émette un signal acoustique en réponse,

(d) un émetteur-récepteur acoustique placé sur un premier navire (16) et destiné à émettre le premier signal acoustique et à recevoir le signal de réponse,

(e) un récepteur acoustique placé sur un second navire (22) et destiné à recevoir le premier signal acoustique et le signal acoustique de réponse,

(f) un dispositif de synchronisation des récepteurs acoustiques, et

(g) un dispositif destiné à transmettre l'information des signaux acoustiques du second navire (22) au premier (16).

2. Ensemble selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier navire (16) est le navire remorqueur et le second (22) est un navire auxiliaire.

3. Ensemble selon la revendication 1, caractérisé en ce que le transpondeur acoustique (18) émet le signal de réponse à une fréquence différente de celle du premier signal.

4. Ensemble selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs transpondeurs acoustiques (18) associés à l'objet remorqué (12).

5. Ensemble selon la revendication 4, caractérisé en ce que chaque transpondeur acoustique (18) émet le signal de réponse à une fréquence différente de celle des

autres transpondeurs acoustiques et du premier signal.

6. Ensemble selon la revendication 1, caractérisé en ce que le navire auxiliaire (22) est placé vers l'arrière du navire remorqueur (16).

7. Ensemble selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de synchronisation des récepteurs acoustiques assure une télémétrie radioélectrique.

8. Ensemble selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif destiné à transmettre l'information des signaux acoustiques du second navire (22) au premier (16) fonctionne par télémétrie radioélectrique.

9. Ensemble selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'objet remorqué est un câble sismique (12).

10. Ensemble selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'objet remorqué est un câble sismique (12).

11. Ensemble selon la revendication 10, caractérisé en ce que les transpondeurs acoustiques sont à peu près équidistants le long du câble sismique.

12. Procédé de localisation d'un objet marin remorqué par rapport à un navire remorqueur, caractérisé en ce qu'il comprend :

(a) la détermination de la position de navigation du navire remorqueur (16) et d'un navire auxiliaire (22) placé par le travers et à distance du navire remorqueur,

(b) la détermination de la distance comprise entre le navire remorqueur (16) et le navire auxiliaire (22),

(c) l'émission d'un premier signal acoustique par un premier navire (16),

(d) la réception du premier signal par le second navire (22),

(e) l'enregistrement du temps écoulé depuis l'émission du premier signal acoustique jusqu'à la réception par le second navire (22),

(f) la réception du premier signal par au moins un transpondeur acoustique (18) associé à un objet

remorqué par le navire remorqueur, le transpondeur étant interrogé par le premier signal afin qu'il émette un signal de réponse,

(g) la réception du signal de réponse par le premier navire (16),

(h) l'enregistrement du temps écoulé de l'émission du premier signal à la réception du signal de réponse par le premier navire (16),

(i) la réception du signal de réponse par le second navire (22),

(j) l'enregistrement du temps écoulé de l'émission du premier signal à la réception du signal de réponse par le second navire (22),

(k) la détermination de la vitesse du son dans l'eau,

(l) le calcul des distances entre les deux navires et le transpondeur acoustique, par les équations suivantes :

$$Vs = \frac{R1}{T1}$$

$$R2 = \frac{T2}{2} \times Vs$$

$$R3 = T3 \times Vs$$

dans lesquelles :

R1 est la distance comprise entre les navires,

R2 est la distance comprise entre le premier navire et le transpondeur,

R3 est la distance comprise entre le second navire et le transpondeur,

T1 est le temps d'aller du premier signal acoustique du premier navire au second navire,

T2 est le temps de parcours du premier signal acoustique jusqu'au transpondeur, augmenté du temps de parcours du signal de réponse jusqu'au premier navire,

T3 est le temps de parcours du premier signal acoustique jusqu'au transpondeur, augmenté du temps de parcours du signal de réponse jusqu'au second navire,

diminué fr T2/2, et

Vs est la vitesse du son dans l'eau, et

(m) la trilatération de R1, R2 et R3 afin que la position du transpondeur par rapport au navire remorqueur soit localisée.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'une série de transpondeurs acoustiques (18) est placée le long d'un câble remorqué par le navire remorqueur (16), et chacune des étapes (f) à (m) est répétée successivement pour chacun des transpondeurs acoustiques.

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que la séquence de transpondeur acoustique (18) s'écarte du navire remorqueur (16).

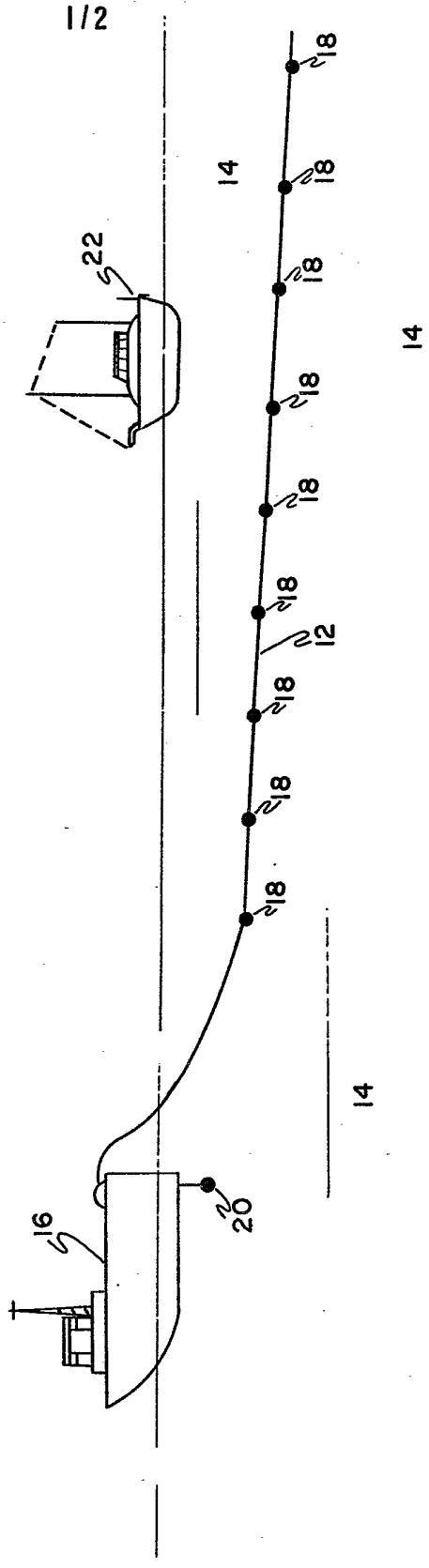


FIG. 1

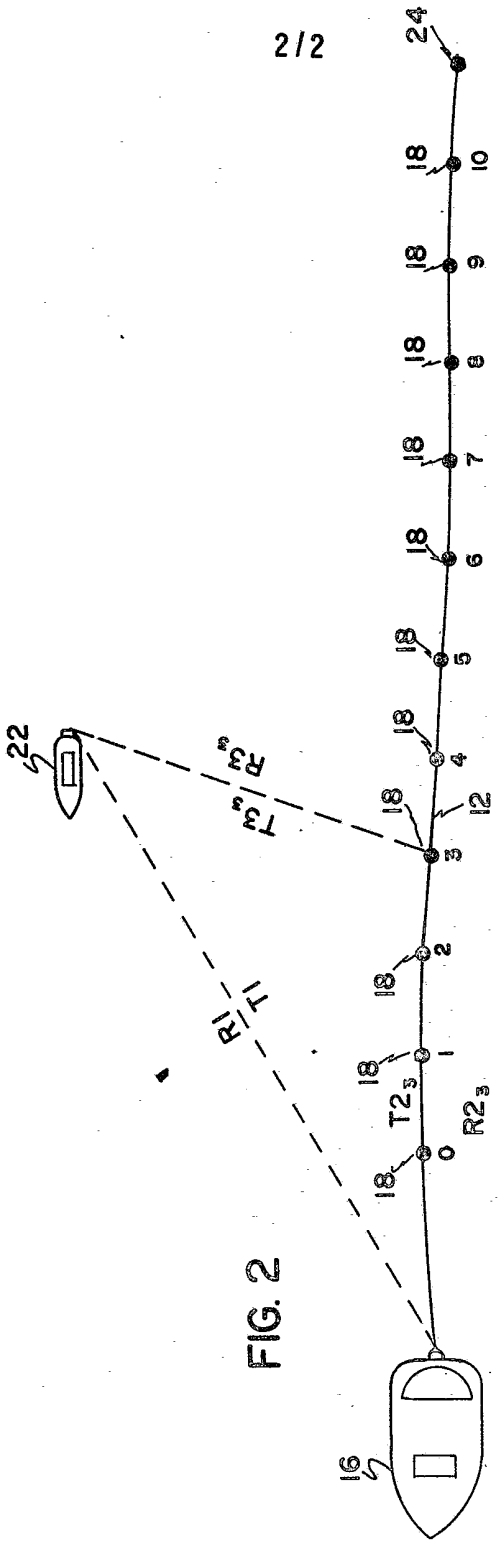

24
18
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
12
22
16
$T3_3$
$R3_3$
R1/T1
$T2_3$
$R2_3$

FIG. 2

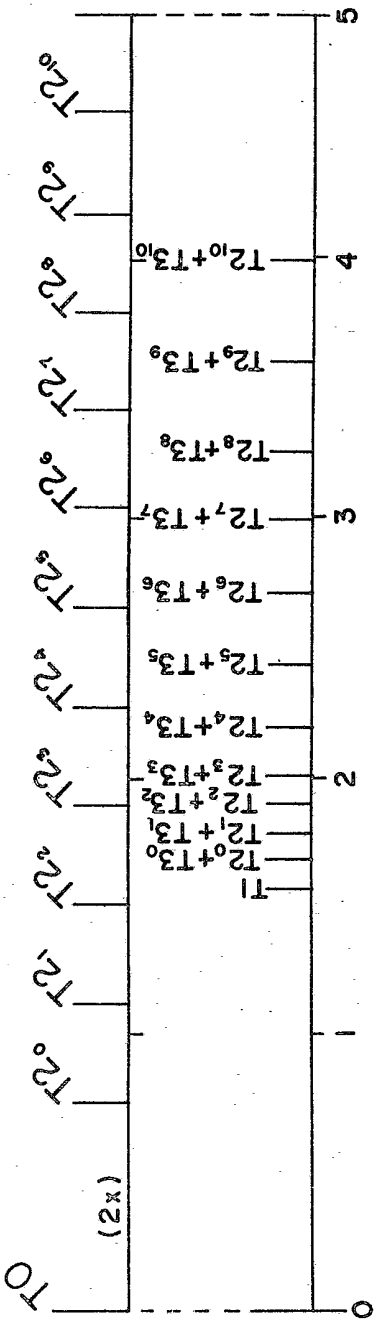

T0
(2x)
T1
$T2_0+T3_0$
$T2_1+T3_1$
$T2_2+T3_2$
$T2_3+T3_3$
$T2_4+T3_4$
$T2_5+T3_5$
$T2_6+T3_6$
$T2_7+T3_7$
$T2_8+T3_8$
$T2_9+T3_9$
$T2_{10}+T3_{10}$
0
1
2
3
4
5

FIG. 3