

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 21 juillet 1982.

③0 Priorité

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 4 du 27 janvier 1984.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *SINTRA-ALCATEL, société anonyme.* — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Claude Leroy et Guy Parent.

⑦3 Titulaire(s) :

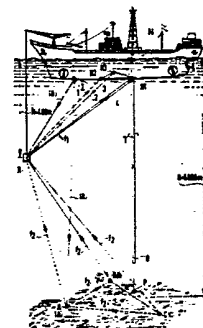
⑦4 Mandataire(s) : Michel Fournier

⑤4 Dispositif de mesure d'écartométrie acoustique et procédé pour sa mise en œuvre.

⑤7 Dispositif de mesure d'écartométrie acoustique et procédé pour sa mise en œuvre.

L'invention a pour objet un dispositif de mesure d'écartométrie acoustique destiné à mesurer les écarts pris par un navire N par rapport à la verticale d'un point fixe F du fonds de l'eau, comprenant, fixés sous le navire, un organe émetteur I acoustique et au moins trois récepteurs H1, H2, H3 disposés aux sommets d'un polygone plan, comprenant en outre, placés au fond de l'eau au voisinage dudit point fixe F, et aux sommets d'un polygone au moins trois émetteurs-récepteurs A, B, C acoustiques, caractérisé par le fait qu'il comprend immergé à proximité du navire, un émetteur-récepteur acoustique R relais recevant des ondes de l'émetteur de bord I et émettant en réponse en direction des récepteurs de bord H1, H2, H3 des signaux acoustiques traités par un organe de calcul qui en déduit les écarts des divers trajets acoustiques RH1, RH2, RH3 entre l'émetteur-récepteur relais R et les récepteurs embarqués H1, H2, H3, les signaux reçus étant traités par l'organe de calcul qui en déduit les différences des temps de trajet RA, RB, RC entre le relais R et les émetteurs récepteurs de fond A, B, C.

Application au positionnement des navires.



Dispositif de mesure d'écartométrie acoustique et procédé pour sa mise en oeuvre

La présente invention est relative à un dispositif d'écartométrie acoustique, destiné principalement à mesurer l'écart de position d'un navire par rapport à un point fixe du fond de l'eau ; le résultat de la mesure est fourni à un système de positionnement dynamique du navire par rapport audit point. L'invention est également relative à un procédé de mise en oeuvre du dispositif.

Les dispositifs d'écartométrie acoustique connus comprennent essentiellement (figure 1) un émetteur E d'ondes acoustiques placé sur le navire N et émettant vers le fond en direction d'un répondeur acoustique S placé au fond de l'eau au point fixe ou à son voisinage. Le répondeur S émet, en réponse aux signaux sonores reçus, une impulsion qui est reçue par un groupe d'hydrophones L1, L2, L3 disposés sous le navire selon un polygone. La mesure des différences de temps de parcours des trajets acoustiques SL1, SL2, SL3 séparant le répondeur du fond des hydrophones de bord permet, connaissant en outre l'une au moins des distances L1 L2, L2 L3, L1 L3 séparant les hydrophones ou la profondeur H de l'eau, de déterminer l'écart entre la verticale passant par l'émetteur de bord et le répondeur du fond. On se référera pour plus de détail sur le calcul aux publications ci-après :

- Système d'ancrage dynamique du PELICAN.

Colloque GRETSI, Nice 1973, par Claude LEROY.

- Localisation sous-marine précise dans les trois dimensions.

Colloque GRETSI, Nice 1973 par Claude LEROY.

- Acoustic measuring system and its performances.

Preprints of the 1974 OTC Conférence Vol 1 6-8 Mai 1974.

Houston Texas par Claude DI GIACOMO, Claude LEROY et Jean PROST.

Dans d'autres dispositifs d'écartométrie (figure 2), un émetteur récepteur acoustique E' est placé sous le navire et interroge des répondeurs A', B', C' disposés au fond de l'eau au voisinage du point fixe. La mesure des écarts de trajet E'A', E'B', E'C' conduit aux mêmes résultats que précédemment.

Les dispositifs qui viennent d'être décrits sont inutilisables lorsque le navire est lui-même une source importante de bruit (navire ou

plate-forme de forage par exemple) et que la profondeur de la mer dépasse 3000 mètres.

En effet, le signal reçu par le ou les hydrophones de bord, très atténué par son long trajet dans l'eau, est dominé par le bruit environnant de telle sorte que si aucune modification n'est apportée au dispositif, l'exploitation des signaux devient impossible.

Une première modification envisagée est d'augmenter la puissance du (ou des) répondeurs ; or si un répondeur de type courant à 25 kHz nécessite une puissance de 4 Kw lorsqu'il fonctionne à 3000 mètres de profondeur, il exige une puissance de 2000 kw à 6000 mètres de profondeur, sachant que l'atténuation d'un signal sonore est de 7 dB/km ; en effet, par rapport à une source placée à 3000 mètres, une source à 6000 mètres fournit en surface un signal dont l'affaiblissement, exprimé en dB est de $20 \log \frac{6000}{3000}$ (divergence), augmenté de 7×3 , soit environ 27 dB. Doter le (ou les) répondeurs d'une puissance de l'ordre du millier de kw n'est pas envisageable, si on sait que les installations doivent pouvoir fonctionner plusieurs mois sans interruption.

Une seconde modification envisagée est d'utiliser des répondeurs directifs fonctionnant à plus basse fréquence, (par exemple 10 à 12 kHz), pour lesquels la propagation se fait avec une atténuation plus faible - (1,5 dB/km).

Cette solution n'est pas souhaitable, car elle nécessite des études importantes de mise au point et de fabrication d'un nouveau répondeur et conduit à une précision de mesure inférieure.

Par ailleurs, elle nécessite le remplacement des hydrophones existants, ce qui revient à rendre périmés les matériels existants.

Les buts de la présente invention sont donc de faire des mesures d'écartométrie acoustique pour des navires bruyants et des fonds importants (plus de 3000 mètres et en particulier 6000 Mètres de profondeur), sans modifier les appareils existants et sans les doter d'un accroissement de puissance important.

La présente invention a pour objet un dispositif de mesure d'écartométrie acoustique destiné à mesurer les écarts pris par un navire par rapport à la verticale d'un point fixe du fond de l'eau, comprenant, fixés sous le navire, un organe émetteur acoustique et au moins trois

récepteurs disposés aux sommets d'un polygone plan, comprenant en outre, placés au fond de l'eau au voisinage dudit point fixe et aux sommets d'un polygone au moins trois émetteurs-récepteurs acoustiques caractérisé par le fait qu'il comprend immergé à proximité du navire et à une profondeur
5 à laquelle les bruits propres du navire sont très atténués, un émetteur-récepteur acoustique relais recevant des ondes de l'émetteur de bord et émettant en réponse en direction des récepteurs de bord des signaux acoustiques traités par un organe de calcul qui en déduit les écarts des divers trajets acoustiques entre l'émetteur-récepteur relais et les
10 récepteurs embarqués, lesdits émetteurs-récepteurs de fond, émettant en réponse à l'émetteur de bord et successivement, grâce à des temporisations prédéterminées, des signaux acoustiques, séquentiels qui sont reçus par l'émetteur-récepteur relais et qui sont réémis par celui-ci après amplification, vers l'un des récepteurs de bord, les signaux reçus
15 étant traités par l'organe de calcul qui en déduit les différences des temps de trajet entre le relais et les émetteurs récepteurs de fond, les deux jeux de différences précités étant traités par l'organe de calcul pour élaborer l'écart du navire par rapport à la verticale dudit point fixe.

20 Avantageusement, les émetteurs-récepteurs de fond sont munis de moyens d'inhibition pendant des temps donnés après une émission. De plus ils sont dotés d'un seuil au-dessous duquel ils n'émettent aucune réponse.

 L'émetteur-récepteur relais est directif vers le bas de manière à
25 posséder une forte atténuation pour les signaux venant du haut.

 Les émetteurs-récepteurs de fond ne répondent qu'à réception d'un code qui leur est propre ou d'une fréquence donnée égale à celle à laquelle ils émettent en réponse.

 L'émetteur-récepteur relais répond à réception des codes des émet-
30 teurs-récepteurs de fond ainsi qu'à réception de la fréquence d'émission de ces émetteurs-récepteurs de fond.

 L'émetteur-récepteur relais émet en réponse un signal à une fréquence différente de la fréquence d'émission des émetteurs-récepteurs de fond.

35 L'invention concerne également un procédé pour la mise en oeuvre du dispositif ci-dessus.

L'invention est précisée par la description ci-après d'un exemple préféré de réalisation de l'invention en référence au dessin ci annexé dans lequel :

- 5 - les figures 1 et 2 sont des illustrations des dispositifs connus d'écartométrie
- la figure 3 est un schéma montrant les positions des divers éléments du dispositif de l'invention avec figuration des trajets des signaux émis.

La figure 3 est un schéma explicatif de l'invention qui montre les divers éléments constitutifs du dispositif de l'invention et qui illustre son procédé de mise en oeuvre.

Le navire N est par exemple un bâtiment (ou une plate-forme de forage) associé à des moyens d'ancrage dynamique qui nécessitent pour leur mise en oeuvre la connaissance, à des intervalles de temps rapprochés (par exemple de l'ordre de la seconde) de sa position par rapport à un point de fond, qui par exemple est l'entrée P d'un puits de forage.

On rappelle que les conditions d'exploitation contiennent deux contraintes irréductibles :

- a/ le bateau émet du bruit à un niveau élevé notamment par ses moteurs de positionnement et d'entraînement du train de tiges qui viennent s'ajouter au bruit de la mer.
- 20 b/ la profondeur est supérieure à 3000 mètres.

Le dispositif de l'invention comprend trois séries d'organes :

I - sous la coque du navire

Il y a au moins trois récepteurs acoustiques (hydrophones) disposés selon un triangle horizontal H1, H2, H3. Dans les navires où il existe déjà quatre hydrophones disposés en rectangle, on utilisera trois hydrophones en service normal, le quatrième étant utilisé en secours en cas de panne de l'un des trois autres.

Ces hydrophones assurent la détection de l'instant d'arrivée d'impulsions acoustiques de forme donnée émises à une fréquence donnée f1 (par exemple 32 kHz).

Sous le navire est placé au moins un émetteur acoustique I. Il s'agit d'un transducteur d'interrogation émettant un signal sonore constituant un code d'interrogation et réalisé par une combinaison appropriée de deux ou trois fréquences (7, 9 et 11 kHz par exemple).

Certains navires sont équipés de deux transducteurs du type précité. Dans ce cas un seul sera utilisé en fonctionnement normal, le second étant utilisé en secours en cas de panne du premier.

5 Nous désignerons par a, b, c trois codes utilisés par le transducteur I.

II - au fond de la mer

10 Au fond de la mer sont disposés au moins trois répondeurs acoustiques A, B, C répondant respectivement à une interrogation par code a, b et c. Ils sont disposés selon un triangle au voisinage du point P.

15 Les côtés du triangle sont à peu près égaux et de longueur comprise de préférence entre 5 et 8% de la profondeur de la mer. Pour une profondeur de 6000 mètres, on prendra des côtés entre 300 et 500 mètres. Les répondeurs acoustiques A, B, C sont placés par largage depuis le navire ou depuis un navire auxiliaire. On suppose que les distances AB, BC et CA sont connues (on montrera plus loin comment on peut avoir accès à cette connaissance).

Les caractéristiques acoustiques des répondeurs A, B, C sont les suivantes :

20 A/ ils répondent par une impulsion de niveau et forme déterminée à une fréquence donnée f_2 (par exemple 25 kHz) dans les deux cas suivants :

1. réception de leur code propre d'interrogation a, b, c, comme il a déjà été fait mention plus haut.
- 25 2. détection, au-dessus d'un seuil donné d'une impulsion à la fréquence f_2 émise par l'un quelconques de leurs voisins A, B, C.

30 B/ Une fois une impulsion émise pour l'une des deux raisons énoncées en A/, les répondeurs sont immunisés pendant une durée donnée fixe (par exemple une seconde) imposée par les dimensions maximales du polygone ABC.

35 C/ l'émission à la fréquence f_2 d'une impulsion se fait avec un certain retard par rapport à l'instant d'arrivée de la cause qui l'a déclenchée ; les divers répondeurs ont des temps de retard différents

(tA pour A, tB pour B, tC pour C) de telle sorte que les réponses soient émises selon une séquence déterminée permettant l'identification ultérieure des impulsions.

5 III - en immersion

à une distance du navire où le bruit du navire est très atténué, est disposé un émetteur-récepteur acoustique R. Cet émetteur sera de préférence immergé à une profondeur h voisine de 7% de la profondeur de la mer à l'endroit considéré, ce qui pour une profondeur de 6000 mètres, conduit à placer l'émetteur-récepteur relais à environ 400 mètres du niveau de la mer.

La suspension est faite soit au moyen d'une bouée rattachée au navire à 200 mètres environ, soit (cas de la figure) à une grue du bateau. On peut même envisager, dans le cas d'un navire de forage, de fixer l'émetteur-récepteur relais sur un arceau maintenu autour du train de tiges de forage tout en laissant à ce dernier sa liberté de rotation.

Le relais comprend : à sa partie supérieure un répondeur acoustique et à sa partie inférieure un hydrophone. Ces éléments sont agencés pour fonctionner de la manière suivante :

20 - le relais répond par une impulsion à la fréquence f1 sur réception d'un quelconque des codes a, b et c. Celle-ci est émise avec un léger retard connu to.

- le relais répond par une impulsion à la fréquence f1, avec le même retard to, à la détection de chaque impulsion à la fréquence f2.

25 Le fonctionnement du dispositif est le suivant :

- la position des répondeurs A, B et C est supposée connue (longueurs des côtés du triangle, orientation par rapport au nord) ; on verra plus loin comment parvenir à cette connaissance.

30 Le transducteur I émet l'un des codes a, b ou c, par exemple le code a :

Le relais R détecte le code a et répond par une émission à la fréquence f1. Les réponses (trajets 1, 2 et 3 de la figure 3) sont détectées par les hydrophones H1, H2 et H3 et à partir de ces réponses le calcul des distances RH1, RH2 et RH3 est effectué.

35 Connaissant par ailleurs l'orientation du navire, les coordonnés

du point R sont déterminées sans ambiguïté. (Le calcul est le même que celui effectué avec une base courte classique comme dans la figure 1).

5 Le répondeur A détecte son code a et en réponse émet une impulsion à f2, qui déclenche les réponses à la fréquence f2 des deux autres hydrophones B et C.

10 Les réponses, émises avec les temporisations propres à chaque émetteur de fond, sont reçues par le relais R qui, en réponse, réémet à la fréquence f1 ; l'un des hydrophones (H1 dans le cas de la figure) reçoit cette réémission (trajet 4 de la figure 3) et transmet au calculateur qui en déduit les différences des trajets RB-RA, RC-RA, RB-RC et par suite les longueurs des arêtes de la pyramide RABC, connaissant la profondeur h d'immersion du relais et la profondeur H du fond de la mer.

15 Connaissant ainsi la position du relais R par rapport au navire d'une part, et par rapport au fond d'autre part, on obtient la position du navire par rapport au fond.

Le dispositif de l'invention permet de résoudre le problème posé par le bruit du navire.

20 On a vu plus haut que passer de 3000 à 6000 mètres de hauteur d'eau faisait perdre 27dB sur le signal reçu pour une impulsion sonore à 25 kHz. En fait c'est le rapport signal/bruit qu'il convient de préserver pour assurer la mesure qui était possible à 3000 mètres. Or le bruit (pouvant atteindre 40dB de plus que celui de la mer force 6) est essentiellement dû au navire. Dans la situation classique les hydrophones
25 sont à environ 40 mètres de profondeur, le bruit sera réduit de $20 \log \frac{400}{40} = 20\text{dB}$ (divergence) plus $7 \times 0,4 = 2,8\text{dB}$ (absorption), soit au total 22,8dB.

30 D'autre part, le signal aura gagné en niveau $20 \log \frac{6000}{5600} + 7 \times 0,4 = 3,4\text{dB}$. Au total on a donc gagné $22,8 + 3,4 = 27,2\text{dB}$ soit précisément les 27dB recherchés.

35 Le dispositif de l'invention permet d'obtenir une mesure de position toutes les secondes environ ; le dispositif fonctionne tant que le navire ne s'écarte pas de plus de 300 mètres + 10% de la profondeur de la mer, ce qui rend le dispositif applicable pour tous types d'opérations connues, en particulier pour l'ancrage dynamique au-dessus d'un point de consigne.

Le dispositif ne nécessite, pour sa mise en oeuvre que du matériel classique ayant été déjà éprouvé.

On notera que les répondeurs A, B et C ne peuvent répondre sur des signaux émis par un de leurs voisins et réfléchis à la surface de la mer.

5 Le temps de parcours de tels signaux est bien supérieur à la durée d'inhibition des répondeurs ; mais le niveau de ces signaux est en revanche bien inférieur au seuil de fonctionnement des répondeurs, en raison de l'affaiblissement dû au long parcours dans l'eau.

10 Le relais R ne peut répondre à une émission issue de A ou B et réfléchi à la surface de la mer en raison de la directivité du transducteur dont il est équipé et qui atténue d'au moins 30dB un signal déjà affaibli de 5dB par rapport à l'arrivée directe.

15 On a dit plus haut que les coordonnées de A, B et C étaient connues. On les obtient de la manière suivante : le navire étant supposé immobilisé pendant le temps du processus, on interroge successivement, à l'aide de l'émetteur I, les répondeurs A et B. Soit H1 l'hydrophone de bord utilisé en réception.

20 Les temps de parcours respectifs des signaux allant en A, parcourant AB, allant en B et parcourant BA sont mesurés et sont liés par les relations suivantes.

$$TA = (IA + AR + RH1)/C + tA + t_0$$

$$TAB = (IA + AB + BR + RH1)/C + tA + tB + t_0$$

$$TB = (IB + BR + RH1)/C + tB + t_0$$

$$TBA = (IB + BA + AR + RH1)/C + tB + tA + t_0$$

25

C étant la célérité du son ; on en tire :

$$2 AB = \left[(TAB + TBA) - (TA + TB) + (tA + tB) \right] \times C$$

30

On reprend les mêmes mesures pour les côtés BC et CA.

Pour parfaire l'étalonnage, il faut encore disposer de l'orientation du triangle par rapport à une direction connue comme celle du nord.

35

On utilise pour cela un autre relais R' disposé à une distance connu de R et selon une orientation RR' connue.

On mesure alors à l'aide de l'émetteur I, et comme indiqué dans la description du fonctionnement du dispositif de l'invention, les caractéristiques de la pyramide R'ABC.

5 Le calcul des longueurs RA et RB ainsi que R'A et R'B permet de positionner le triangle ABC par rapport à la ligne RR'.

En réalité, pour réduire les erreurs, on ne procède pas à une seule mesure mais à plusieurs mesures qui sont traitées par des méthodes statistiques.

10 Pour la rentrée d'un outil dans un puits de forage P déjà existant, on peut munir l'extrémité du train de tiges d'un hydrophone O captant les émissions à f2 résultant de l'interrogation d'un des hydrophones A, B ou C. L'hydrophone O relié par câble au navire transmet alors des signaux correspondant aux différences des temps de trajet OA-OB, OA-OC, OB-OC.

15 On en déduit OA, OB et OC ce qui permet de corriger la position du train de tiges par rapport au puits.

20

25

30

35

RENDICATIONS

1/ Dispositif de mesure d'écartométrie acoustique destiné à mesurer les écarts pris par un navire N par rapport à la verticale d'un point fixe F du fond de l'eau, comprenant, fixés sous le navire, un organe émetteur (I) acoustique et au moins trois récepteurs (H1, H2, H3) disposés aux sommets d'un polygone plan, comprenant en outre, placés au fond de l'eau au voisinage dudit point fixe (F), et aux sommets d'un polygone au moins trois émetteurs-récepteurs (A, B, C) acoustiques, caractérisé par le fait qu'il comprend immergé à proximité du navire et à une profondeur à laquelle les bruits propres du navire sont très atténués, un émetteur-récepteur acoustique (R) relais recevant des ondes de l'émetteur de bord (I) et émettant en réponse en direction des récepteurs de bord (H1, H2, H3) des signaux acoustiques traités par un organe de calcul qui en déduit les écarts des divers trajets acoustiques (RH1, RH2, RH3) entre l'émetteur-récepteur relais (R) et les récepteurs embarqués (H1, H2, H3), lesdits émetteurs-récepteurs de fond (A, B, C), émettant en réponse à l'émetteur de bord (I) et successivement, grâce à des temporisations prédéterminées des signaux acoustiques, séquentiels qui sont reçus par l'émetteur-récepteur relais (R) et qui sont réémis par celui-ci après amplification, vers l'un des récepteurs de bord (H1), les signaux reçus étant traités par l'organe de calcul qui en déduit les différences des temps de trajet (RA, RB, RC) entre le relais (R) et les émetteurs récepteurs de fond (A, B, C), les deux jeux de différences précités étant traités par l'organe de calcul pour élaborer l'écart du navire par rapport à la verticale dudit point fixe.

2/ Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les émetteurs-récepteurs de fond (A, B, C) sont munis de moyen d'inhibition pendant des temps donnés après une émission.

3/ Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que lesdites temporisations des divers émetteurs-récepteurs (A, B, C) de fond sont différents.

4/ Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les émetteurs-récepteurs de fond (A, B, C) sont munis d'un seuil au-dessous duquel ils n'émettent aucune réponse.

5/ Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'émetteur-récepteur relais (R) est directif vers le bas de manière à posséder une forte atténuation pour les signaux venant du haut.

5 6/ Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les émetteurs-récepteurs de fond (A, B, C) ne répondent qu'à réception d'un code (a, b, c) qui leur est propre ou d'une fréquence (f2) donnée égale à celle à laquelle ils émettent en réponse.

10 7/ Dispositif selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que l'émetteur-récepteur relais (R) répond à réception des codes (a, b, c) des émetteurs-récepteurs de fond ainsi qu'à réception de la fréquence (f2) d'émission de ces émetteurs-récepteurs de fond (A, B, C).

15 8/ Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'émetteur-récepteur relais (R) émet en réponse un signal à une fréquence (f1) différente de la fréquence (f2) d'émission des émetteurs-récepteurs de fond (A, B, C).

20 9/ Procédé de mise en oeuvre du dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, pour le calcul de la position d'un navire par rapport à un point fixe donné du fond sur lequel sont disposés au voisinage dudit point, et dans une configuration géographique connue au moins trois hydrophones (A, B, C) répondant à réception d'un code (a, b, c) qui leur est propre ainsi qu'à réception d'un signal à une fréquence (f2) à laquelle ils émettent, lesdits hydrophones étant pourvus de durées d'inhibition après émission, ces durées étant différentes d'un hydrophone à l'autre, le navire étant muni d'un transducteur d'interrogation (I) pouvant émettre
25 l'un des codes précités, le navire portant également au moins trois hydrophones (H1, H2, H3) reliés en sortie à un calculateur numérique, caractérisé par le fait qu'il comprend les opérations suivantes :

30 - on immerge un émetteur-récepteur relais (R) au voisinage du navire, à une profondeur voisine de 7% de la profondeur de la mer, ledit relais répondant à un des codes précités (a, b, c) ainsi qu'à la fréquence précitée (f2) et réémettant à une fréquence (f1) susceptible d'être reçue par les hydrophones de bord (H1, H2, H3)

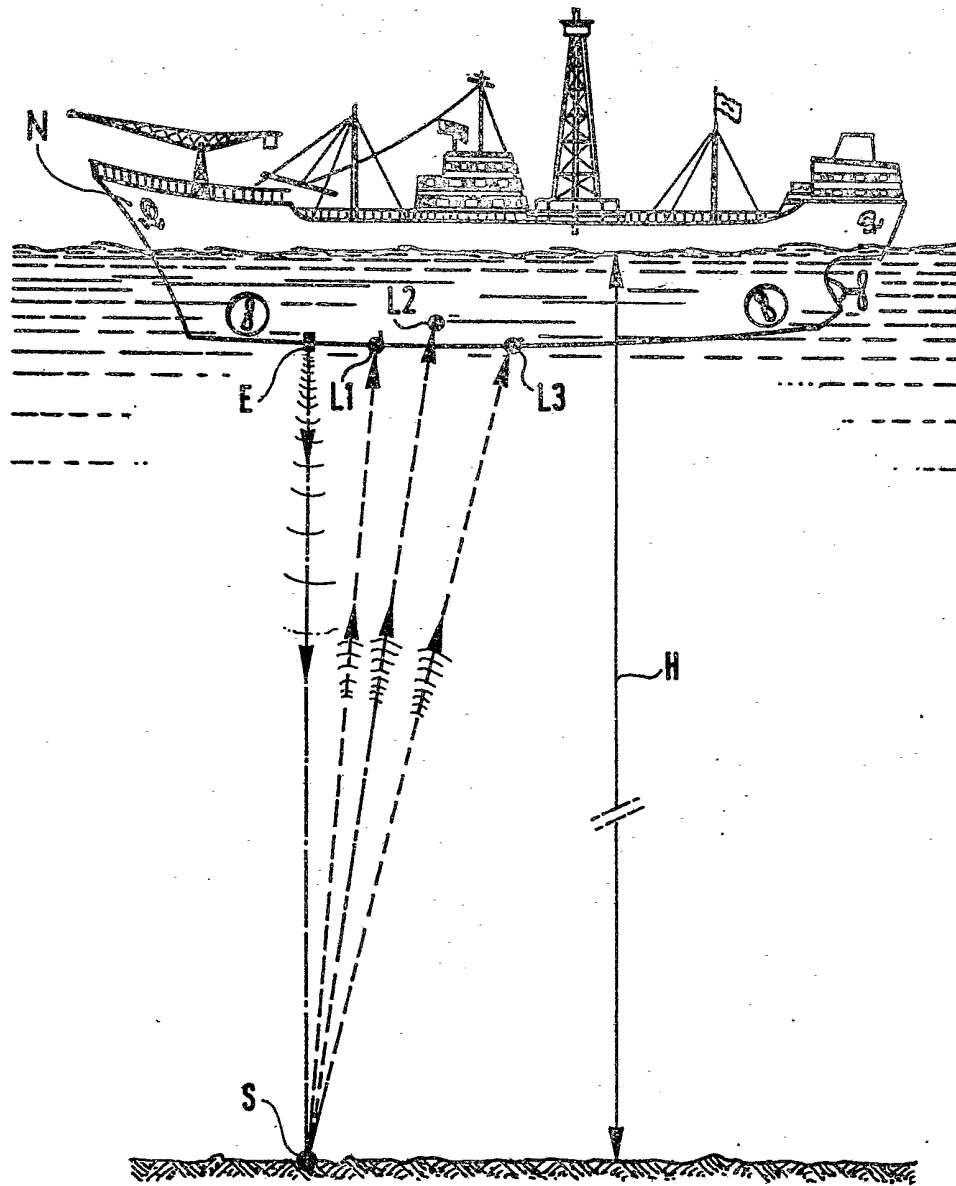
- on fait émettre audit transducteur d'interrogation (I) un desdits codes (a)

35 - on recueille sur les hydrophones de bord (H1, H2, H3) les signaux (1, 2, 3) émis, par le relais (R), en réponse audit code et on en déduit les

- 12 -

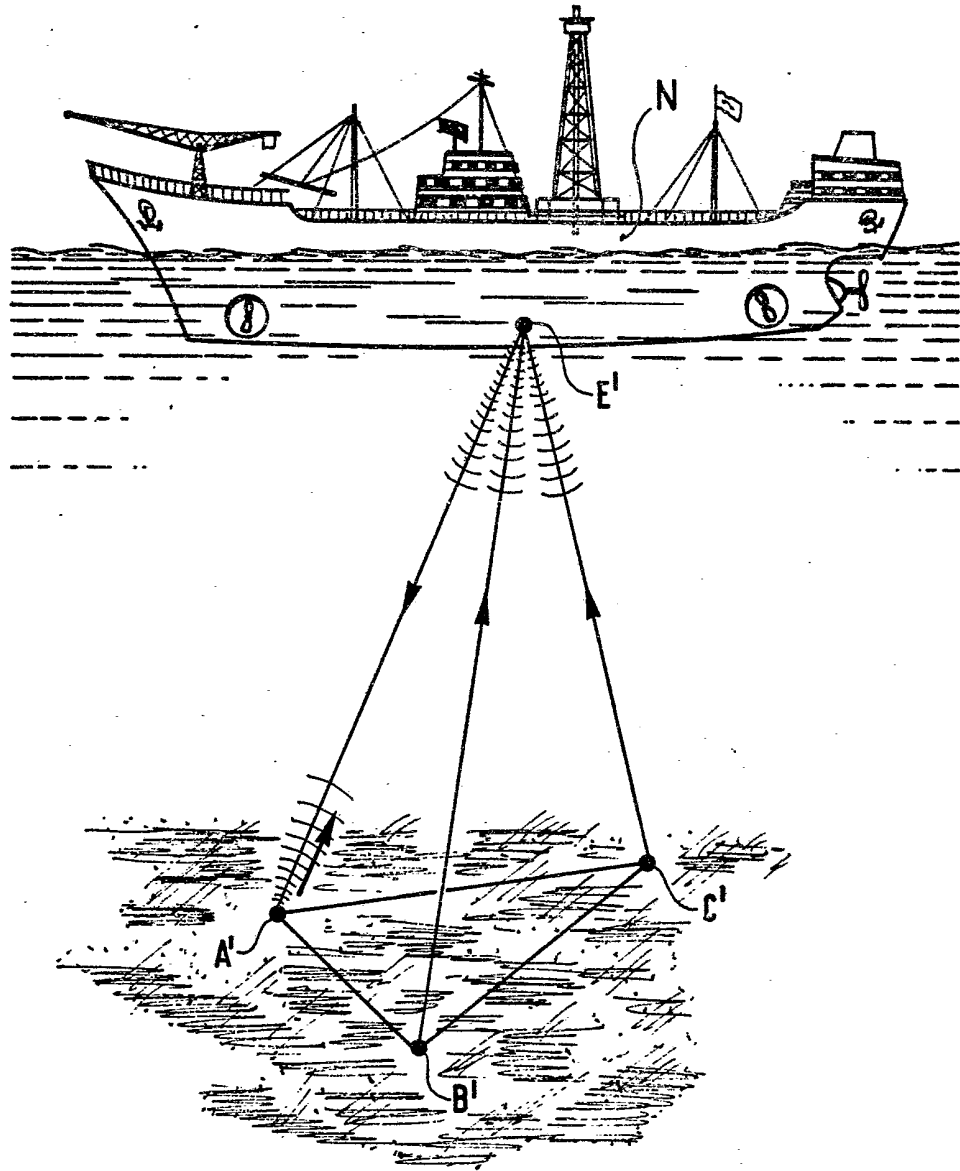
distances des hydrophones de bord audit relais
- on recueille sur l'un des hydrophones de bord (H1) les signaux
(trajet 4) émis par le relais (R), en réponse aux signaux émis par les
émetteurs-récepteurs de fond, l'un (A) en réponse audit code, les autres
5 (B, C) en réponse aux signaux émis par le premier (A) en réponse audit
code (a), et on en déduit les distances des émetteurs-récepteurs de fond
(A, B, C) audit relais (R).

FIG. 1



2/3

FIG. 2



3/3

FIG. 3

