

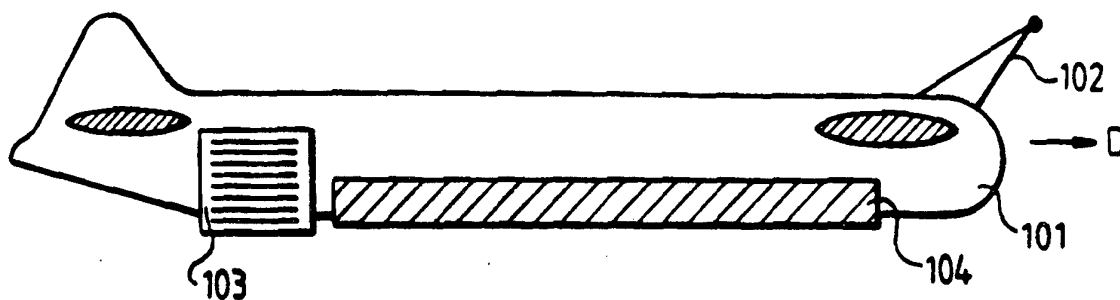


DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁵ : G01S 15/89	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 94/20865 (43) Date de publication internationale: 15 septembre 1994 (15.09.94)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR94/00032 (22) Date de dépôt international: 11 janvier 1994 (11.01.94) (30) Données relatives à la priorité: 93/02695 9 mars 1993 (09.03.93) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): THOMSON-CSF [FR/FR]; 173, boulevard Haussmann, F-75008 Paris (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): LABIAU, Christian [FR/FR]; Thomson-CSF SCPI, Boîte postale 329, F-92402 Courbevoie Cédex (FR). (74) Représentant commun: THOMSON-CSF SCPI; Boîte postale 329, F-92402 Courbevoie Cédex (FR).		(81) Etats désignés: CA, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>

(54) Title: SONAR FOR SENSING BURIED OBJECTS

(54) Titre: SONAR POUR DETECTER LES OBJETS ENFOUIS



(57) Abstract

A parametric sonar for sensing objects buried beneath the seabed, including a transmitting antenna (103) and a receiving antenna (104) on a fish (101) towed underwater. The beams from the transmitting antenna are transmitted in bursts separated from one another in space and time, whereby the speed of sonar exploration may be increased.

(57) Abrégé

L'invention concerne les sonars permettant de détecter des objets enfouis sous le fond de la mer. Elle consiste à utiliser un sonar paramétrique comprenant une antenne d'émission (103) et une antenne de réception (104) portées par un poisson (101) remorqué sous la surface de l'eau. Les faisceaux de l'antenne d'émission sont émis par rafales séparées spatialement et temporellement. Elle permet d'augmenter la vitesse d'exploration du sonar.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

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

AT	Autriche	GB	Royaume-Uni	MR	Mauritanie
AU	Australie	GE	Géorgie	MW	Malawi
BB	Barbade	GN	Guinée	NE	Niger
BE	Belgique	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BF	Burkina Faso	HU	Hongrie	NO	Norvège
BG	Bulgarie	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BJ	Bénin	IT	Italie	PL	Pologne
BR	Brésil	JP	Japon	PT	Portugal
BY	Bélarus	KE	Kenya	RO	Roumanie
CA	Canada	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CF	République centrafricaine	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CG	Congo	KR	République de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KZ	Kazakhstan	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	SN	Sénégal
CN	Chine	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LV	Lettonie	TG	Togo
CZ	République tchèque	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DE	Allemagne	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
DK	Danemark	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande	MN	Mongolie	UZ	Ouzbékistan
FR	France			VN	Viet Nam
GA	Gabon				

SONAR POUR DETECTER LES OBJETS ENFOUIS

5

La présente invention se rapporte aux sonars qui permettent de détecter des objets enfouis dans le sol du fond des mers, ou plus généralement d'une étendue d'eau quelconque, par la détection de l'écho
10 d'ondes acoustiques émises par cet appareil.

La principe des sonars est bien connu. Il consiste à émettre une onde acoustique à une fréquence adaptée à la portée et à la précision souhaitée. Cette onde acoustique se propage dans le milieu liquide où elle est émise et peut éventuellement pénétrer à une certaine profondeur dans le
15 sol recouvert par ce milieu liquide. Les objets solides rencontrés renvoient l'onde vers l'appareil émetteur qui comprend aussi un dispositif récepteur permettant de détecter ces échos et de les localiser en fonction de la durée du trajet des ondes et de l'orientation des faisceaux émis et reçus. Les ondes à haute fréquence, et donc à courte longueur d'onde, sont plus faciles
20 à focaliser et permettent d'utiliser des antennes acoustiques plus petites. Elles permettent également une plus grande précision sur la localisation en distance, en relation avec la longueur d'onde. Par contre leur atténuation est beaucoup plus grande dans l'eau et la portée est réduite en conséquence, sauf à utiliser des puissances excessives difficilement concevables.

25 Il arrive fréquemment que les objets reposant sur le fond de la mer et que l'on cherche à repérer avec les sonars soient en fait enfouis sous les sédiments accumulés au cours des ans, en particulier lorsqu'il s'agit d'épaves. Il serait donc très utile de pouvoir utiliser des ondes acoustiques de grande longueur d'onde dans ce but et de les émettre à partir d'un
30 poisson remorqué à proximité du fond. Ceci se heurte au problème de la dimension des antennes qui est difficilement compatible dans le cas de grandes longueurs d'onde avec les dimensions nécessairement réduites d'un poisson remorqué

Les ondes acoustiques à basse fréquence, et donc à grande
35 longueur d'onde, présentent l'avantage d'une atténuation beaucoup plus moins grande et donc une portée beaucoup plus importante. En outre, et corrélativement, elles pénètrent plus profondément dans les sédiments

sous-marins, ce qui permet de détecter plus facilement des objets enfouis dans ces sédiments. En contrepartie elles nécessitent l'emploi d'antennes acoustiques d'émission et de réception de grandes dimensions, pour pouvoir focaliser correctement les ondes émises et obtenir la résolution angulaire

5 voulue.

On connaît un procédé permettant de combiner les avantages des ondes acoustiques de courte et de grande longueur d'onde. Ce procédé, appelé mode paramétrique, consiste à émettre simultanément deux faisceaux d'ondes acoustiques à haute fréquence dirigés dans la même
10 direction, en utilisant de préférence les mêmes transducteurs d'émission. En raison des non-linéarités du fluide, l'eau en général, propagateur, ces ondes génèrent des produits d'intermodulation dont celui à la plus faible fréquence, correspondant à la différence des fréquences des ondes émises présente une longueur d'onde beaucoup plus faible que celles des faisceaux
15 d'origine. Cependant cette onde ainsi générée bénéficie des propriétés de focalisation et de directivité des faisceaux à haute fréquence qui l'ont générée, et qui ont pu être émis à partir d'antennes acoustiques de faibles dimensions. Les non-linéarités de l'eau étant faibles le rendement du produit d'intermodulation est lui-même faible, mais compte tenu des différences
20 d'atténuation le gain global est positif. L'onde à basse fréquence ainsi générée peut pénétrer dans les sédiments, alors que les ondes à haute fréquence génératrices y sont absorbées.

A titre d'exemple, on utilise des fréquences primaires de l'ordre de 120 kHz, qui génèrent par soustraction une fréquence secondaire de l'ordre
25 de 15 kHz dont l'atténuation par rapport à celle des fréquences primaires permet de pénétrer les sédiments du fond marin sur une profondeur d'environ 2m lorsque ce fond est situé à environ 10m de l'émetteur acoustique du sonar, en dépit d'une atténuation de conversion de l'ordre de -30 dB.

30 Pour résoudre ce problème, l'invention propose un sonar selon la revendication 1.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront clairement dans la description suivante, faite à titre d'exemple non limitatif en regard des figures annexées qui représentent :

- la figure 1, une vue de profil d'un poisson portant les antennes d'un sonar selon l'invention ;
- la figure 2, une vue en coupe de ce poisson ;
- la figure 3, une vue en plan du fond marin et des surfaces insonifiées par les faisceaux sonar sur celui-ci ;
- la figure 4, un diagramme de rayonnement en réception et en site ;
- la figure 5, une vue en site de deux faisceaux d'émission symétriques babord/tribord ;
- la figure 6, un diagramme amplitude/site d'un faisceau d'émission ;
- la figure 7, un diagramme temporel d'émission/réception.
- la figure 8, une vue en site de deux faisceaux d'émission sur un même bord ; et
- la figure 9, un diagramme temporel d'émission d'une même rafale.

On a représenté sur la figure 1 une vue de côté d'un poisson remorqué comportant un sonar selon l'invention.

Ce poisson est composé d'un corps 101, d'un diamètre par exemple de 30 cm pour une longueur de 3m, muni d'ailerons et d'une dérive destinée à maintenir sa stabilité. Il comporte en outre une ferrure de remorquage 102 permettant de le tracter sous les eaux. La position de cette ferrure et l'action des ailerons permettent d'obtenir une immersion à une profondeur voulue, éventuellement ajustable par des moyens non décrits mais connus. Le poisson avance donc dans une direction D parallèle à son axe longitudinal, à une altitude au-dessus du fond de la mer de l'ordre de 10m et pouvant par exemple varier entre 4 et 15 m.

Ce poisson comporte à l'arrière une antenne d'émission cylindrique 103 qui vient entourer le corps du poisson sur un secteur d'environ 240° centré vers le bas comme représenté en coupe sur la figure 2. Ceci permet de définir, en sélectionnant par des moyens électroniques appropriés et d'une manière connue les transducteurs d'émission situés dans un secteur d'ouverture de 120° pouvant glisser d'un bord extrême de l'antenne d'émission à l'autre bord extrême, un faisceau d'émission ayant une direction d'émission E pouvant varier dans un secteur d'émission utile

de 120° centré sur la verticale vers le bas. Le cas échéant on pourra utiliser une antenne d'émission circulaire de type courant et utilisée par ailleurs pour d'autres besoins formant un anneau complet et dont on n'utilisera que les transducteurs situés sur le secteur de 240°.

5 Le poisson supporte en outre deux antennes de réception latérales linéaire 104, d'une longueur d'environ 2 m, s'étendant le long des deux côtés de la coque vers le bas de celle-ci et adaptées à recevoir les ondes acoustiques basse fréquence renvoyées par les objets à détecter.

10 Le poisson peut en outre comporter d'autres appareillages qui sortent du cadre de l'invention, en particulier un sonar haute fréquence dont les antennes sont situées elles aussi latéralement le long de la coque, ainsi que des appareils de navigation pour maintenir l'assiette et l'altitude du sonar en mesurant éventuellement les changements de ces paramètres pour en tenir compte dans le traitement des signaux sonars.

15 Dans l'art antérieur, l'antenne d'émission paramétrique émettait des faisceaux étroits angulairement, permettant de faire une cartographie du fond de la mer. Pour éviter le chevauchement des faisceaux et les inconvénients correspondants, ceux-ci étaient émis les uns après les autres avec une séparation temporelle suffisante pour que tous les échos puissent
20 être reçus avant l'émission du faisceau suivant. Ceci limitait bien entendu considérablement la vitesse d'avancement du poisson pour avoir une couverture complète du terrain. Dans la pratique cette vitesse ne pouvait pas dépasser 4 noeuds, ce qui est faible.

Selon l'invention l'antenne d'émission paramétrique émet des
25 faisceaux dont l'ouverture en gisement $2\theta_3$ (plan contenant la direction D selon laquelle le poisson avance) est égale par exemple à 20°, et l'ouverture en site $2\varphi_3$ (plan transversal à la direction D) est égale par exemple à 3,2°. Ces faisceaux sont donc fortement dissymétriques et leur impact sur le fond de la mer a une forme grossièrement en ellipse, comme représenté sur la
30 figure 3. Les différents faisceaux sont contigus et correspondent donc à des zones elles-mêmes contiguës sur le fond, numérotées sur la figure de 1 à 18. En effet compte tenu de l'ouverture en site il faut utiliser dans cet exemple numérique 18 faisceaux sur chaque bord pour couvrir entièrement les secteurs de 60° de large sur chaque bord définis plus haut.

Le premier secteur, numéro 1, est situé sensiblement à la verticale du poisson, et le 18ème à l'extrémité de la zone insonifiée. Comme on s'éloigne de l'antenne d'émission au fur et à mesure que l'on avance dans l'ordre croissant des numéros, la zone insonifiée s'élargie de plus en plus, compte tenu de l'ouverture en gisement. Ainsi pour une altitude H au-dessus du fond de la mer, égale par exemple selon une valeur courante à 15m, le faisceau n° 1 a une longueur sensiblement égale à 5 m et le faisceau n° 18 une longueur sensiblement égale à 10 m.

Comme on l'a vu, il faut émettre les 18 faisceaux sur chaque bord (la figure 3 ne représente qu'un bord) pour couvrir tout le secteur en site de 60° sur ce bord. Afin de pouvoir tracter le poisson à une vitesse maximale, l'invention propose pour diminuer la durée totale de la récurrence correspondant à l'émission de ces 18 faisceaux, de répartir ceux-ci en six rafales de trois faisceaux séparés spatialement en site et en temps pour les faisceaux d'une même rafale et en temps pour les rafales successives.

Les faisceaux seront répartis spatialement de manière à être entrelacés. Dans cet exemple de réalisation la répartition des faisceaux dans les rafales pour un côté sera :

- rafale 1 : faisceaux 1-7-13
- rafale 2 : faisceaux 2-8-14
- rafale 3 : faisceaux 3-9-15
- rafale 4 : faisceaux 4-10-16
- rafale 5 : faisceaux 5-11-17
- rafale 6 : faisceaux 6-12-18.

Il faut pouvoir séparer à la réception les échos correspondant aux faisceaux babord et aux faisceaux tribord.

Pour l'antenne tribord, le diagramme de réception est représenté sur la figure 4 et pour l'antenne babord le diagramme est symétrique. Pour les faisceaux les plus éloignés de la verticale, les diagrammes de directivité de chacune des deux antennes de réception effectuent cette séparation.

Dans cet exemple le diagramme permet de séparer les échos provenant des faisceaux situés entre les angles de site $\varphi = 30^\circ$ (par rapport à l'horizontale) et $\varphi = 70^\circ$, c'est-à-dire dans l'exemple décrit les faisceaux 8 à 18.

Pour les faisceaux restants, compris donc dans un angle de site d'ouverture 40° centré sur la verticale, et qui sont dans l'exemple décrit les faisceaux 1 à 7 de chaque bord, les diagrammes se recouvrent et on utilise une séparation temporelle à l'émission des impulsions de manière à ce que
5 les échos reçus sur un bord ne puissent pas être confondus avec ceux reçus sur l'autre bord.

Pour cela il faut donc attendre que tous les échos provenant d'un faisceau émis à tribord dans cet angle de site compris entre 70° et 90° et correspondant à des objets enfouis dans le sédiment dans la limite de portée
10 du sonar, soient reçus avant d'émettre à babord dans un autre faisceau compris entre 70° et 90°.

On ne s'intéresse en effet pour le sonar paramétrique qu'aux échos provenant des objets enfouis dans le sédiment. Les échos provenant éventuellement d'objets situés entre deux eaux seront repérés par d'autres
15 moyens, par un sonar à haute fréquence porté par le poisson par exemple, et pourront ainsi être éliminés dans le système de traitement des échos du sonar à basse fréquence afin de supprimer les ambiguïtés.

Dans la suite on mettra en indice i les angles φ de manière que $\varphi_i = 90^\circ - i \times 2\varphi_3$. Pour un faisceau φ_i correspond à 2 distances d_{2i-1} et d_{2i} .

20 On a représenté sur la figure 5 deux faisceaux 503 et 504 babord et tribord compris dans le secteur site -70°, 70°. Dans cette figure les rayons limites de ces faisceaux seront définis plus loin. Le faisceau 503 émis par exemple à babord doit être séparé du faisceau 504 émis à tribord. Il est nécessaire que le signal éventuellement réémis par un objet enfoui à une
25 profondeur H_s dans le sédiment, sur un rayon correspondant à la distance d_{2i} ne soit pas couvert par le signal réémis par la surface du fond de la mer (on dit généralement réverbération sur le fond) à une profondeur H par rapport au poisson porteur du sonar, sur un rayon correspondant à la distance d_{2i-1}

30 Pour éviter un tel masquage on considère généralement qu'il est préférable que le niveau du signal de réverbération soit environ de 15 à 20 dB en dessous du niveau du signal utile soit, compte tenu de l'atténuation dans le sédiment, d'environ 55 à 60 dB en dessous du niveau du signal utile.

On sait en effet que le sédiment atténue le signal et que c'est
35 d'ailleurs ce qui limite la portée du sonar dans le sédiment. Si par exemple le

coefficient d'atténuation du sédiment est $a_s = 1\text{dB}$ par longueur d'onde, on aura une atténuation d'au moins 40 dB (aller + retour) pour une profondeur du sédiment $H_s = 2\text{ m}$ (la plus utile généralement) à une fréquence d'émission 15 kHz correspondant à une longueur d'onde de 10 cm dans l'exemple numérique décrit.

L'angle de séparation $\Delta\phi$ entre les rayons correspondant aux distances d_0 et d_1 sera donc obtenu par la distance angulaire entre les ouvertures du diagramme d'émission à -3 dB et à -60 dB c'est-à-dire au premier zéro du diagramme. Ceci est représenté sur la figure 6.

En se reportant à la figure 7, sur laquelle est figuré en 700 la réverbération du fond, la différence de temps entre la fin de la première émission et le début de l'autre est donnée par :

$$(1) \Delta t_i = 2 \frac{(d_{2i} - d_{2i-1})}{c}$$

où c est la vitesse du son dans le sédiment.

Cet écart de temps est plus facile à calculer à partir de H , H_s , ϕ_k et $\Delta\phi$, avec la formule :

$$(2) \Delta t_i = 2 \left(\frac{H + H_s}{\sin \phi_i} - \frac{H}{\sin(\phi_i + \Delta\phi)} \right) \times \frac{1}{c}$$

Ceci permet donc de séparer les échos des faisceaux babord et tribord de même rang, 1 B et 1 T par exemple, pour $i = 1$.

Le même raisonnement s'applique pour séparer les échos des faisceaux dont le site est inférieur à 70° . Sur la figure 8, on a représenté 2 faisceaux 803, 804 d'un même côté, babord ou tribord ; la largeur angulaire $\Delta\phi$ étant définie comme enseigné précédemment par la figure 6. La réverbération du fond correspondant à la distance d_{2i-1} sur le faisceau 804 ne doit pas venir perturber les échos provenant d'objets situés à la distance d_{2i} sur les faisceau 803. Pour cela il suffit que à instant d'émission égal, la condition $\frac{2d_{2j-1}}{c} \geq \frac{2d_{2i}}{c}$ soit au moins réalisée, c'est-à-dire $d_{2j-1} \geq d_{2i}$.

Lorsque cette condition est réalisée les impulsions sont émises simultanément. Si cette condition n'est pas réalisée les instants d'émission doivent être séparés de :

$$\Delta t_{ij} = \frac{2(d_i - d_{2j-1})}{c}$$

qui est égale à :

$$\frac{2}{c} \left[\frac{H + H_s}{\sin \varphi} - \frac{H}{\sin(\varphi + \Delta\varphi)} \right]$$

Ces considérations permettent de définir le séquençement des émissions des faisceaux pour chaque rafale.

On se place dans le cadre de l'exemple numérique décrit plus

5 haut :

$$H = 15 \text{ m}$$

$$H_s = 2 \text{ m}$$

$$\text{largeur faisceau à 3 dB : } 3, 2^\circ$$

$$\} \Delta\varphi = 10,6^\circ$$

10 largeur faisceau entre zéros : 18°

$$\varphi_i = 90^\circ - i \times 3,2^\circ \quad 1 \leq i \leq 18$$

ceci est aussi valable pour j.

La rafale 1 est celle qui a la durée la plus longue car c'est la seule qui contient 2 faisceaux 1, 7 qui sont verticaux et qu'il faut donc
15 obligatoirement séparer par un décalage temporel à l'émission (Δt_1 et Δt_7).

$$\text{On a : } \varphi_1 = 86,8^\circ \quad \Delta t_1 = 2,54 \text{ ms}$$

$$\varphi_7 = 67,6^\circ \quad \Delta t_7 = 4,08 \text{ ms}$$

En se reportant à la figure 9, la rafale N° 1 commence par l'émission du faisceau 1T suivie à Δt_1 de l'émission du faisceau 1B, elle -
20 même suivie à Δt_1 de l'émission du faisceau 7T. L'émission du faisceau 7B se trouve à Δt_7 de l'émission du faisceau 7T et l'émission du faisceau 1Bt est à Δt_7 de celle du faisceau 7B.

Maintenant il faut vérifier si l'écart temporel entre faisceaux d'un même côté est bien respecté. Pour les faisceaux 1 et 7, on a $d_2 = 17,03 \text{ m}$ et
25 $d_{13} = 15,32 \text{ m}$. Puisque d_{13} est inférieur à d_2 , il faut appliquer un retard entre émissions égal à au moins 2,28 ms. En utilisant pour τ la valeur courante 0,2 ms, l'intervalle est égal à 5,28 ms et par suite l'intervalle entre 1T et 7T convient. Il en est de même pour les faisceaux 7 et 13 pour lesquels il faut appliquer un retard entre émissions plus faible égal à 1,18 ms. Le retard
30 entre les émissions des faisceaux 7B et 13B est donc assuré et les émissions 13T en 13B peuvent être simultanées. En fait elles sont contigues car il y a des transducteurs communs pour effectuer ces 2 émissions.

La durée totale du cycle d'émission de la rafale doit être inférieure à $\frac{2H}{c}$ pour que tous les échos soient émis avant que la première impulsion soit reçue, afin d'éviter un mélange des signaux dans l'eau.

La durée totale du cycle d'émission de la rafale est égale à
 5 14,44 ms, qui est donc inférieur à $\frac{2H}{c}=20$ ms.

En ce qui concerne le cycle émission/réception dans sa totalité, la durée pour une rafale est donnée par :

$$\frac{2H}{c \sin \varphi_{\max}} + \Sigma \Delta t_i + 6\tau$$

Pour la rafale 1, $\varphi_{\max} = \varphi_{13}$ et on obtient 41,2 ms.

10 Donc le cycle émission/réception pour les six rafales a une durée maximale sensiblement égale à 6 fois cette valeur, soit environ 250 ms.

Pendant cette durée le poisson, s'il navigue à 10 noeuds, se déplace d'une distance de 1,25 m et compte tenu des dimensions de la surface insonifiée au sol des faisceaux, comme représenté sur la figure 3, en
 15 fonction des dimensions de l'exemple numérique choisi, tout objet susceptible de réémettre un écho est insonifié $\left(\frac{5}{1,25}\right)$ quatre fois (quatre coups au but) s'il est situé à la verticale du poisson et $\left(\frac{10}{1,25}\right)$ huit s'il est en limite du secteur insonifié. De tels nombres permettent d'obtenir une détection tout à fait sûre.

20 Un tel séquençement en six rafales de trois faisceaux est bien adapté jusqu'à une limite inférieure de l'altitude du poisson au-dessus du fond de la mer. Cette limite est d'environ 6 m pour une hauteur de sondage dans le sédiment de 2 m. La valeur de 2 m qui a été retenue est particulièrement adaptée à la détection des mines enfouies, dont on
 25 considère qu'elles ne sont plus dangereuses lorsqu'elles sont recouvertes par plus de 2 m de sédiment.

Si l'on utilise une altitude du poisson plus basse, pouvant par exemple être comprise entre 4 et 6 m, on est conduit à adopter un autre séquençement comportant par exemple 9 rafales de 2 faisceaux. Ceci
 30 augmente d'environ 50% la durée totale de la récurrence du sonar, d'où une diminution du nombre de fois (coups au but) où l'objet à détecter est insonifié. Pour garder donc la même probabilité de détection on est alors

conduit à diminuer la vitesse du poisson à une valeur sensiblement égale à 6,7 noeuds.

Pour obtenir une résolution suffisante en gisement on utilise une formation de voies à la réception pouvant par exemple comporter 7 voies
5 dont l'ouverture en gisement, compte tenu de l'angle $2\theta_3$ défini plus haut est égal sensiblement à 3° .

Dans ces conditions la cellule de résolution du sonar correspond à une ouverture de $3^\circ \times 3,2^\circ$.

Suivant une variante l'antenne de réception est synthétique, c'est-
10 à-dire que son ouverture angulaire $2\theta_3$ est obtenue par une longueur d'antenne qui tient compte de l'avancement du poisson : cette technique est connue et décrite par exemple dans le brevet US 4 987 563 de John E. Gilmour.

Le sonar ainsi décrit permet par rapport à ceux utilisés
15 précédemment une amélioration importante du taux de couverture horaire, obtenu par l'augmentation de la vitesse du poisson, qui peut avancer à 10 noeuds au lieu de 4 précédemment. On pourrait même éventuellement arriver jusqu'à une vitesse de 15 noeuds si les performances hydrodynamiques du poisson le permettaient. Par ailleurs le nombre de
20 coups au but est sensiblement augmenté par rapport à l'art antérieur, ce qui correspond en fait au point de vue traitement du signal à une intégration dont on sait qu'elle augmente le rapport signal à bruit.

REVENDICATIONS

1. Sonar pour détecter les objets enfouis sous le fond des eaux, du type comportant une antenne paramétrique d'émission (103) et une
5 antenne de réception (104) toutes deux portées par un poisson (101) destiné à être remorqué à une faible altitude au-dessus du fond de la mer, cette antenne d'émission émettant des voies (1-18) réparties angulairement en site dans un plan transversal à l'axe (D) d'avancement du poisson, caractérisé en ce qu'il est adapté pour émettre les signaux des voies
10 d'émission en site selon des rafales successives en évitant le mélange des échos à la réception, ce qui permet d'augmenter ainsi la vitesse d'avancement du poisson.

2. Sonar selon la revendication 1, caractérisé en ce les faisceaux correspondant à une rafale sont séparés spatialement en site pour que les
15 faisceaux des rafales successives soient entrelacés pour recouvrir le champ d'exploration du sonar.

3. Sonar selon la revendication 2, caractérisé en ce que les instants d'émission des signaux des faisceaux d'une même rafale sont également séparés en temps pour séparer les émissions babord et tribord et
20 aussi pour éviter un mélange entre la réverbération sur le fond de la mer et les échos des objets enfouis dans les sédiments .

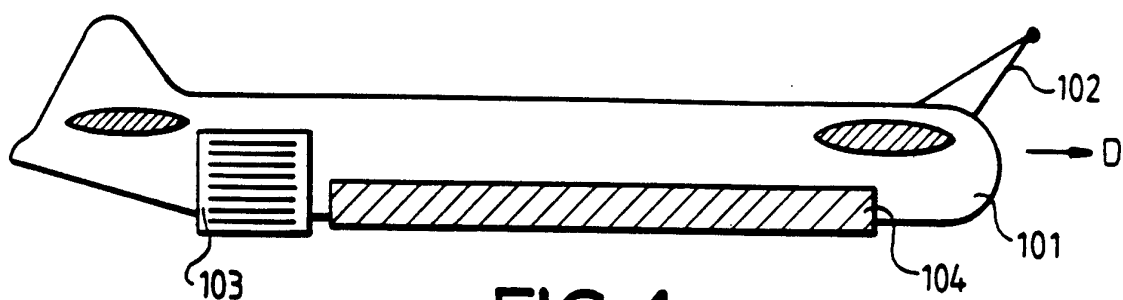


FIG. 1

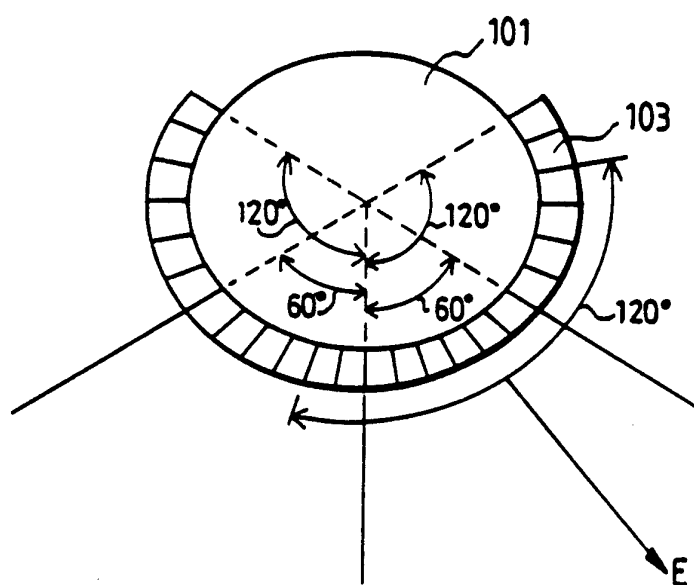


FIG. 2

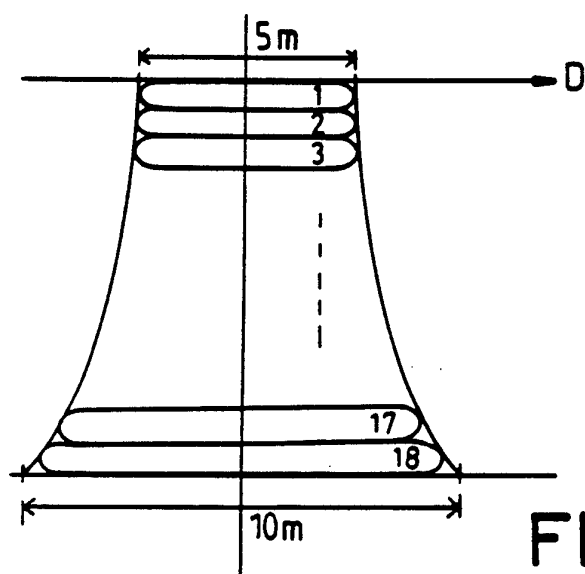


FIG. 3

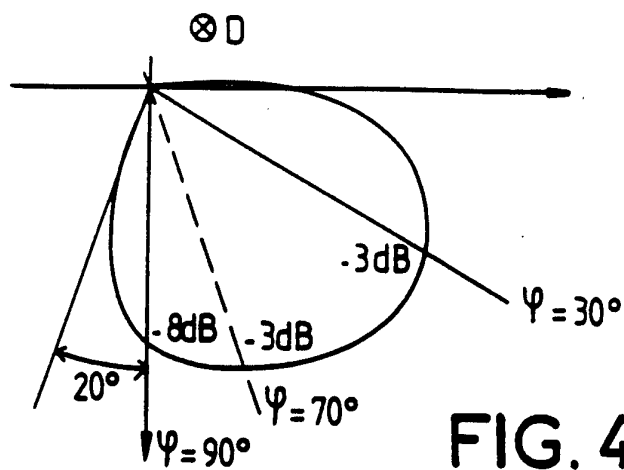


FIG. 4

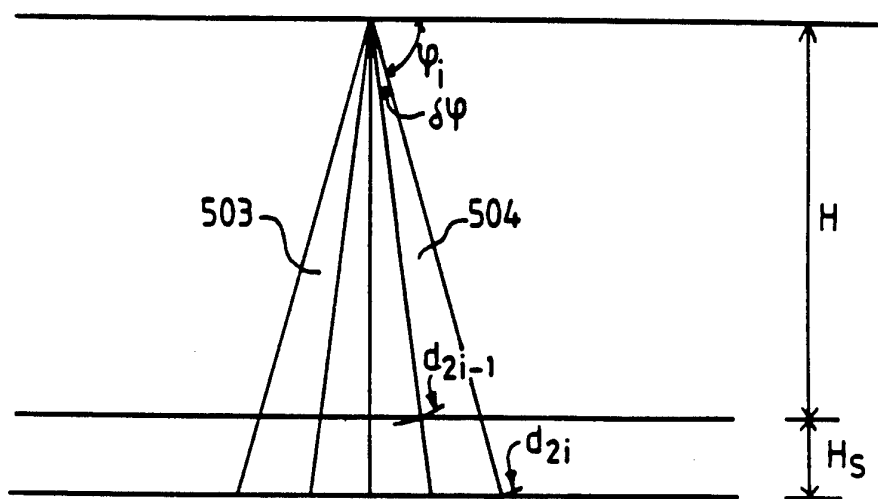


FIG. 5

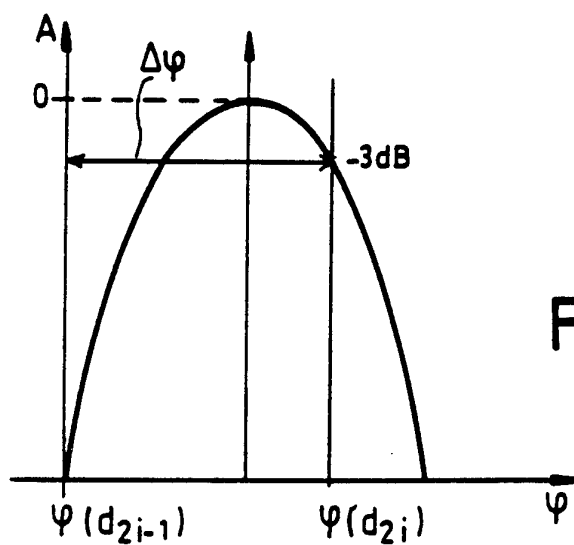


FIG. 6

3/3

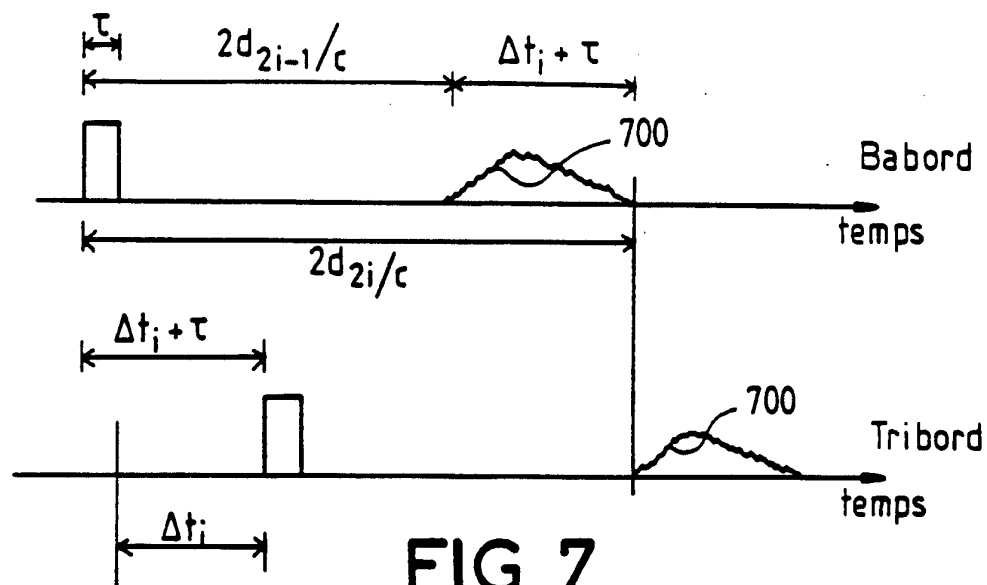


FIG. 7

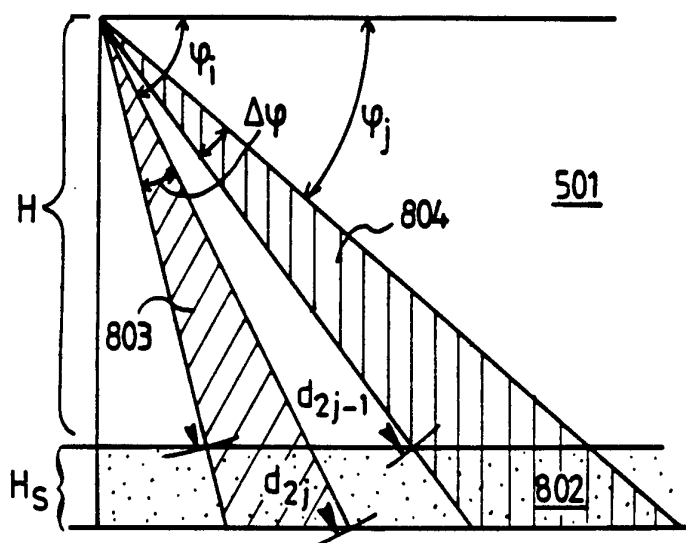


FIG. 8

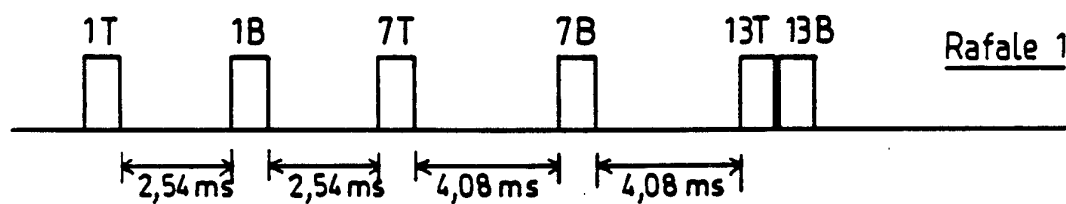


FIG. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR 94/00032

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.5 G01S15/89

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)

Int.Cl.5 G01S

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	EP,A,0 070 494 (SINTRA-ALCATEL) 26 January 1983 see abstract; figures 1-3 see page 7, line 30 - page 9, line 16 ---	1,2 3
A	US,A,4 870 628 (ZIELINSKI) 26 September 1989 see abstract; figure 3 see column 2, line 23 - column 3, line 23 ---	1
A	US,A,5 033 029 (JONES) 16 July 1991 see abstract; figures 1-3 see column 2, line 35 - column 4, line 10 ---	1



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 document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 April 1994 (08.04.94)

Date of mailing of the international search report

06 May 1994 (06.05.94)

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.
PCT/FR 94/00032

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0070494	26-01-83	FR-A- 2509869 CA-A- 1195417 US-A- 4493064	21-01-83 15-10-85 08-01-85
US-A-4870628	26-09-89	CA-A- 1271554	10-07-90
US-A-5033029	16-07-91	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No.
PCT/FR 94/00032

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 5 G01S15/89

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

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 5 G01S

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP,A,0 070 494 (SINTRA-ALCATEL) 26 Janvier 1983	1,2
A	voir abrégé; figures 1-3 voir page 7, ligne 30 - page 9, ligne 16 ---	3
A	US,A,4 870 628 (ZIELINSKI) 26 Septembre 1989 voir abrégé; figure 3 voir colonne 2, ligne 23 - colonne 3, ligne 23 ---	1
A	US,A,5 033 029 (JONES) 16 Juillet 1991 voir abrégé; figures 1-3 voir colonne 2, ligne 35 - colonne 4, ligne 10 -----	1

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

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "I" 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

8 Avril 1994

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

06.05.94

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Zaccà, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No.

PCT/FR 94/00032

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP-A-0070494	26-01-83	FR-A- 2509869 CA-A- 1195417 US-A- 4493064	21-01-83 15-10-85 08-01-85
US-A-4870628	26-09-89	CA-A- 1271554	10-07-90
US-A-5033029	16-07-91	AUCUN	