

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
à utiliser que pour les  
commandes de reproduction

2 647 909

②1 N° d'enregistrement national :

89 07303

⑤1 Int Cl<sup>5</sup> : G 01 S 7/52, 15/00.

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 2 juin 1989.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOP « Brevets » n° 49 du 7 décembre 1990.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : THOMSON-CSF, Société  
anonyme. — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Bernard Fromont, Thomson-CSF SCI.

⑦3 Titulaire(s) :

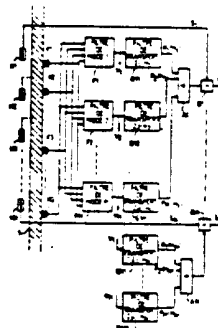
⑦4 Mandataire(s) : Alain Courtellemont, Thomson-CSF  
SCI.

⑤4 Procédé et dispositif de correction des signaux fournis par les hydrophones d'une antenne et antenne de sonar  
utilisant un tel dispositif.

⑤7 Le procédé et le dispositif sont destinés à débarrasser le  
signal de chaque hydrophone H1-HN d'une antenne de la  
composante due aux vibrations d'une paroi 1 près de laquelle  
l'antenne est placée.

Pour cela, au signal S<sub>i</sub> de l'hydrophone H1 est soustrait un  
signal de correction qui tient compte des vibrations de la paroi  
mesurées par des capteurs K1-KQ. L'étude du circuit F1-FM,  
G11-G1M, A1 qui permet de fournir ce signal de correction est  
effectuée en décomposant la vibration de la paroi selon ses  
modes de déformation dominants.

Application aux hydrophones d'antennes de sonar.



FR 2 647 909 - A1

**Procédé et dispositif de correction des signaux  
fournis par les hydrophones d'une antenne et antenne  
de sonar utilisant un tel dispositif.**

La présente invention se rapporte à la correction des signaux d'écoute fournis par une antenne de sonar faite d'hydrophones montés sur une paroi telle que, par exemple, une coque. Dans la description qui suit le terme de coque est utilisé à titre d'exemple, étant entendu que ce qui est dit à son sujet est transposable à toute paroi soumise à des vibrations dans l'eau.

Les hydrophones sont des capteurs acoustiques destinés à fonctionner dans l'eau et chaque hydrophone de l'antenne fournit un signal qui est fonction des ondes incidentes provenant du milieu extérieur à la coque.

Il est rappelé que, pour trouver la direction d'une onde incidente, il est connu de former des voies, chaque voie correspondant à une direction déterminée.

Avec des hydrophones régulièrement espacés d'une distance  $d$  et disposés selon une ligne qui fait un angle  $a$  avec une direction donnée, une voie dans la direction donnée est obtenue en déphasant les signaux d'hydrophones d'une valeur  $w \cdot d \cdot \sin a / c$ , où  $w$  est la pulsation de l'onde incidente et  $c$  la vitesse du son dans l'eau. Pour que la voie soit correctement formée il faut que l'onde incidente soit plane à la fréquence  $w/2\pi$ .

L'antenne doit être montée sur un support qui est généralement la coque d'un bâtiment naval (navire de surface ou sous-marin). Or la coque est élastique et ne constitue donc pas un baffle rigide : elle vibre sous l'effet de l'onde incidente et les vibrations de la coque perturbent la planéité de l'onde. Il en résulte que les relations de phase entre les signaux reçus par les hydrophones sont perturbées et que la formation des voies n'est plus assurée correctement.

En effet, comme il est bien connu, chaque hydrophone reçoit l'onde incidente et l'onde réfléchi sur la coque. L'onde réfléchi se décompose en une onde qu'aurait donné la coque si

elle avait été parfaitement immobile, c'est l'effet de baffle rigide, et une onde due à la vibration induite par l'onde incidente.

L'effet de baffle rigide n'est pas gênant pour la formation des voies, car l'amplitude et la phase de l'onde réfléchie correspondante dépendent peu de l'emplacement de l'hydrophone sur la coque quelles que soient la fréquence et l'incidence de l'onde excitatrice. En revanche, l'effet de la vibration est perturbateur.

Pour corriger cet effet perturbateur il est connu de placer une barrière acoustique entre les hydrophones de l'antenne et la coque. Cette barrière reste immobile sous l'effet de l'onde incidente qui s'y réfléchit.

Mais cette barrière est inefficace aux fréquences inférieures à 1kHz étant donné qu'elle doit résister à la pression hydrostatique et donc être suffisamment rigide, et que ses dimensions restent petites devant la longueur d'onde de l'onde captée.

La présente invention a pour but de corriger les signaux de sortie des hydrophones d'une antenne afin d'éviter ou, pour le moins, de réduire les perturbations dues aux vibrations de la coque.

Ceci est obtenu en mesurant la vibration de la coque et en élaborant, à partir des mesures obtenues, un signal de correction qui, à l'emplacement de chaque hydrophone, est équivalent à la pression rayonnée par la vibration de la coque. Ce signal de correction est alors retranché au signal issu de chaque hydrophone.

Selon l'invention un procédé de correction du signal électrique issu d'un hydrophone d'une antenne acoustique, l'hydrophone étant monté au voisinage d'une paroi et étant destiné à capter un signal acoustique, est caractérisé en ce que, pour tenir compte au moins des vibrations de la paroi engendrées par le signal acoustique à capter, il consiste à soustraire du signal électrique issu de l'hydrophone la contribution liée aux

vibrations de la paroi, grâce à une mesure de ces vibrations au moyen de capteurs.

La présente invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques apparaîtront à l'aide de la description ci-après et des figures s'y rapportant qui représentent :

- la figure 1, un schéma général d'un dispositif de correction selon l'invention,

- la figure 2, un schéma partiel d'un exemple simple de réalisation d'un dispositif de correction selon l'invention.

Sur les différentes figures les éléments correspondants sont désignés par les mêmes repères.

La vibration d'une coque, comme pour toute structure, se décompose en modes de vibration ; un mode de vibration correspond à une certaine répartition de la vitesse vibratoire le long de la coque. Si  $x$  est une abscisse prise, par exemple, suivant l'axe d'une antenne faite d'hydrophones alignés, la vitesse vibratoire  $v_m(x)$  pour le mode  $m$  est le produit :  $v_m(x) = V_m \cdot Y_m(x)$  où  $V_m$  est l'amplitude à l'origine pour le mode  $m$  et  $Y_m(x)$  la fonction d'onde. Cette fonction d'onde est analytiquement connue de la théorie des vibrations et de la mesure de  $v_m(x)$  ; la vitesse,  $V_m$ , à l'origine du mode  $m$ , se déduit donc de la mesure de la vitesse vibratoire  $v_m(x)$ , en un ou quelques points de la coque.

Par ailleurs, il est connu qu'une impédance acoustique de transfert, pour un mode de vibration donné, est le rapport  $Z_m(x_h) = P_m(x_h) / V_m$  où  $P_m(x_h)$  est la pression acoustique pour le mode  $m$  reçu en un point  $x_h$  où se trouve un hydrophone de l'antenne.

La pression totale due à la vibration et reçue par l'hydrophone est :

$$P_h = \sum_{m=1}^{\infty} Z_m(x_h) \cdot V_m$$

Les impédances  $Z_m(x_h)$  sont déterminées par calculs (modélisation) ou par étalonnage. Il apparaît donc que la mesure

en amplitude et phase de  $v_m(x)$ , pour un certain nombre de modes, permet d'obtenir un signal représentatif de  $P_h$  qui, soustrait du signal de l'hydrophone situé au point  $x_h$ , élimine les effets de la vibration de coque.

5 Ceci est mis en oeuvre dans le dispositif selon la figure 1.

La figure 1 montre, vue en coupe, une partie de la coque, 1, d'un navire muni d'un dispositif de correction selon l'invention ; dans la réalisation, qui a servi à l'expérimentation du dispositif, le navire était un bâtiment de surface mais le dispositif selon l'invention est utilisable 10 également sur un sous-marin et sur la paroi de tout corps élastique immergé muni d'un système d'écoute par hydrophones.

De manière classique, des hydrophones, H1 à HN, sont 15 fixés à quelques centimètres de la coque 1 ; ces hydrophones sont enrobés dans un moulage de protection visco-élastique qui ne réduit que très peu le niveau des vibrations qui leur sont transmises par le milieu aquatique.

Les hydrophones H1 à HN fournissent respectivement des 20 signaux  $S_1$  à  $S_N$ , qui sont appliqués respectivement à des soustracteurs B1 à BN. Ces soustracteurs soustraient au signal qui leur parvient d'un hydrophone, un signal de correction destiné à débarrasser, autant que faire se peut, le signal de l'hydrophone de ses composantes dues aux vibrations de la coque.

Des capteurs de vibrations, K1 à KQ, constitués dans 25 l'exemple décrit par des accéléromètres, sont répartis sur la paroi interne de la coque, au voisinage de l'antenne constituée par les hydrophones.

Les signaux fournis par les capteurs de vibrations sont 30 représentatifs de la vitesse vibratoire  $v(x)$  échantillonnée aux points de mesure des capteurs ; l'ensemble de ces signaux est appliqué à des filtres de mode, F1 à FM, relatifs respectivement à M modes vibratoires de la coque dont il a été décidé de tenir compte en raison de leur influence perturbatrice sur les signaux des hydrophones. Il est à noter que le nombre Q des capteurs de

vibrations, doit être supérieur ou égal au nombre M de modes vibratoires dont il est tenu compte.

Chacun des M filtres de mode réalise, pour le mode m auquel il correspond, un traitement qui donne l'amplitude et la phase à l'origine :

$$V_m = v_m(x)/Y_m(x)$$

compte tenu de ce que

$$v(x) = \sum_{m=1}^{\infty} v_m(x).$$

Pour réaliser ce filtrage, les signaux  $v(x)$  délivrés par les capteurs sont multipliés par des coefficients connus, fonctions de la fréquence et déterminés pour le mode considéré, et les signaux ainsi obtenus sont additionnés entre eux ; un exemple de réalisation d'un tel filtrage de mode est décrit plus loin à l'aide de la figure 2.

Chacun des M signaux  $V_1$  à  $V_M$  est ensuite multiplié, par l'impédance de transfert  $Z_m(H_1)$  relative au mode m considéré et à l'hydrophone i considéré ; comme  $Z_m(H_1)$  est fonction de la fréquence, les circuits qui effectuent cette opération réalisent donc un filtrage et sont appelés filtres de transfert sur la figure 1. Ainsi, à l'hydrophone H1 correspondent, respectivement pour les modes 1 à M, les filtres de transfert G11 à G1M dont les impédances ont été notées respectivement  $Z_1(H_1)$  à  $Z_M(H_1)$ . Et, à l'hydrophone HN, correspondent les filtres de transfert GN1 à GNM relatifs respectivement aux modes 1 à M et qui reçoivent respectivement les mêmes signaux d'entrée  $V_1$  à  $V_M$  ; les fonctions de transfert de ces filtres sont notées  $Z_1(H_N)$  à  $Z_M(H_N)$ .

Les signaux de sortie des filtres de transfert sont représentatifs des pressions  $P_m(H_1)$  relatives, pour un hydrophone i donné, à un mode m considéré. Pour un hydrophone i donné, un additionneur Ai fait la somme des signaux de pression relatifs à cet hydrophone dans les modes 1 à M considérés. Ainsi le circuit de sommation Ai fait la somme des signaux de pression  $P_1(H_1)$  à  $P_M(H_1)$ . L'additionneur Ai fournit un signal de pression représentatif de la pression totale

engendrée par les vibrations de coque sur l'hydrophone  $H_1$  ; ce signal constitue le signal de correction qui est soustrait au signal de l'hydrophone  $H_1$  ; ainsi la figure 1 montre qu'au signal  $S_1$  de l'hydrophone  $H_1$  est soustrait, dans le soustracteur  $B_1$ , le signal de pression totale fourni par l'additionneur  $A_1$ , ce qui permet au soustracteur  $B_1$  de fournir le signal corrigé  $S_1'$ .

La figure 2 montre une plaque 1, vue par la tranche, qui est soumise à deux modes de vibration principaux dont l'un est un mode de translation entraînant des déplacements de la plaque, qui la font passer par une position  $1t$  indiquée par un tracé en traits interrompus courts, et dont l'autre est un mode de flexion du premier ordre, qui la fait passer par une position  $1f$  indiquée par un tracé en traits interrompus longs.

Deux capteurs de vibrations,  $K_1$ ,  $K_2$ , sont respectivement disposés à l'une des extrémités et au milieu de la plaque 1.

Le filtre de mode de translation, pour donner un signal  $V_t$  représentatif de la vitesse de translation de la plaque 1, est obtenu en multipliant par 1, dans deux circuits de multiplication, 2, 3, les signaux fournis par les capteurs  $K_1$  et  $K_2$  ; ces circuits de multiplication sont suivis d'un additionneur 4 dont le signal de sortie est le signal  $V_t$ .

Le filtre de mode de flexion du premier ordre, pour donner un signal  $V_f$  représentatif de la vitesse de flexion de la plaque 1, est obtenu en multipliant par 1, dans un circuit de multiplication 5, le signal fourni par le capteur  $K_2$ , en multipliant par -1, dans un circuit de multiplication 6 le signal fourni par le capteur  $K_1$  et en additionnant, dans un additionneur 7 les signaux délivrés par les circuits de multiplication 5 et 6 ; ces coefficients de multiplication égaux respectivement à 1 et -1 proviennent de ce que, pour le mode de flexion considéré, et aux endroits où sont disposés les capteurs  $K_1$  et  $K_2$ , les signaux représentatifs de la vitesse de flexion sont en opposition de phase.

Suivant une réalisation préférée, la mise en oeuvre du procédé de correction des signaux fournis par les hydrophones

est effectuée de façon numérique. Dans ce but les signaux des capteurs de vibrations sont numérisés. Les opérations de filtrage de mode et de transfert sont réalisées dans un ordinateur. Les coefficients multiplicateurs des signaux  $v(x)$  et les valeurs des impédances de transfert sont mis en mémoire. La détermination de ces valeurs est obtenue par étalonnage au cours d'expériences préalables. La réponse "théorique" des hydrophones à un signal donné, en l'absence de vibrations, est connue et est mise en mémoire. Les valeurs des coefficients de filtrage de mode et des impédances des filtres de transfert sont obtenues par minimisation de l'écart entre la réponse théorique de chaque hydrophone et sa réponse réelle. La minimisation de cet écart est obtenue par un logiciel, basé sur la méthode connue de Newton, en procédant par itérations successives.

Il est à noter que l'invention permet de corriger aussi bien les vibrations de coque produites par des sources externes à la coque que celles produites par des sources internes.



## REVENDEICATIONS

1. Procédé de correction du signal électrique issu d'un hydrophone d'une antenne acoustique, l'hydrophone étant monté au voisinage d'une paroi et étant destiné à capter un signal acoustique, caractérisé en ce que, pour tenir compte au moins  
5 des vibrations de la paroi engendrées par le signal acoustique à capter, il consiste à soustraire du signal électrique issu de l'hydrophone la contribution liée aux vibrations de la paroi, grâce à une mesure de ces vibrations au moyen de capteurs.

2. Dispositif de correction des signaux fournis par les hydrophones (H1, HN) d'une antenne montée sur une paroi (1),  
10 caractérisé en ce qu'il comporte des capteurs de vibrations (K1-KQ) montés sur la paroi et, pour chaque hydrophone (H1), un circuit de correction (F1-FM, G11-G1M, A1) pour fournir un signal de correction fonction des signaux délivrés par les capteurs et un soustracteur (B1) pour soustraire, du signal (S<sub>1</sub>)  
15 de l'hydrophone, le signal de correction.

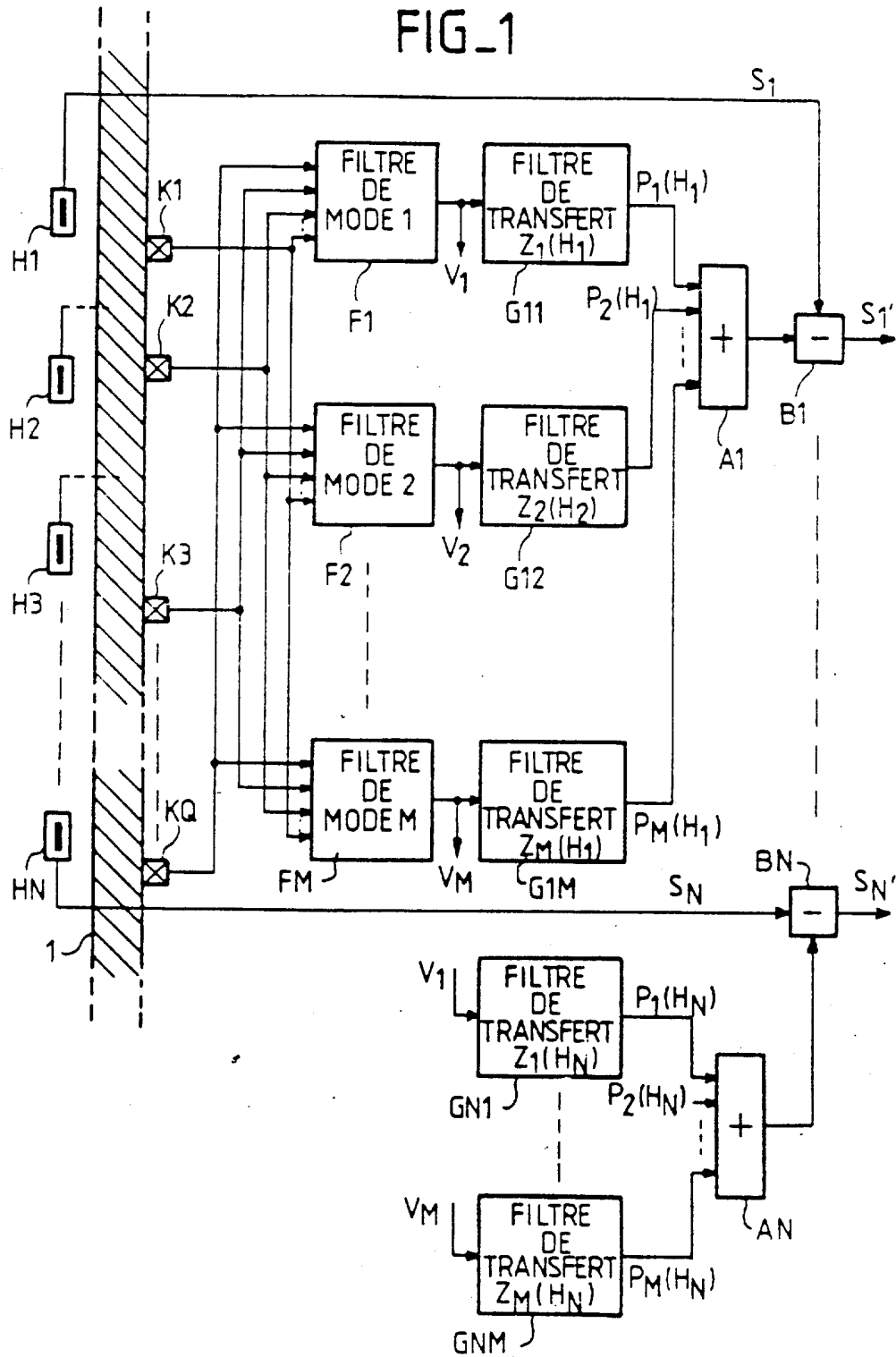
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le circuit de correction comporte des filtres de mode (F1-FM) qui, chacun, réalisent une addition pondérée des signaux des capteurs (K1-KQ), un additionneur (A1) pour fournir le signal de correction et des filtres de transfert (G11-G1M) pour coupler les filtres de mode à l'additionneur.  
20

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que les filtres de mode (F1-FM) sont communs aux circuits de correction des hydrophones (H1-HN) de l'antenne.  
25

5. Antenne de sonar, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif de correction selon l'une quelconque des revendications 2 à 4.

1/2

FIG\_1



FIG\_2

