

DESCRIPTION

Titre de l'invention: DISPOSITIF SONAR

5 [0001] L'invention se situe dans le domaine des sonars et plus particulièrement de la surveillance de zones maritimes. Elle concerne, plus particulièrement, les dispositifs sonar utilisés pour la localisation de bruiteurs à partir de mesures acquises par une antenne de détection sonar immergée. Par bruiteur, on entend toute source sonore sous-marine ou de surface.

10 [0002] Ces dispositifs sonar comprennent habituellement une antenne de réception acoustique et des moyens de traitement permettant de localiser un bruiteur à partir de mesures obtenues par l'antenne de détection sonar.

[0003] Une solution connue consiste à utiliser une antenne linéaire de réception acoustique remorquée par un bâtiment de surface (« surface ship » en terminologie anglo-saxonne). La localisation d'un bruiteur est réalisée à partir de mesures
15 acquises par les transducteurs de l'antenne à des instants différents lors du déplacement du bâtiment de surface. Toutefois, ce type de dispositif sonar nécessite des moyens lourds de type bâtiment de surface (frégate généralement). Par ailleurs, ce bâtiment de surface doit être en mouvement ce qui peut être très consommateur d'énergie et rend difficile la localisation d'un bruiteur dans une zone de taille limitée.
20 En outre, ce type de solution présente une discrétion limitée.

[0004] Dans le cas d'un sonar fixe ou dont le déplacement n'est pas maîtrisé, les hydrophones n'ayant pas de directivité particulière, il n'est pas possible de localiser un bruiteur de façon précise sans utiliser une antenne volumique présentant des hydrophones répartis selon les trois dimensions de l'espace. Les hydrophones
25 transforment les ondes acoustiques qu'ils reçoivent en signaux électriques. Des moyens de traitement permettent de former des voies de réception qui permettent de recréer artificiellement une directivité de l'antenne. Il est ainsi possible, en définissant différents jeux de retards appliqués aux signaux électriques délivrés par les différents hydrophones, d'écouter dans des directions différentes ce qui permet de lever des
30 ambiguïtés sur la localisation du bruiteur et d'obtenir des informations de localisation précises. Cette précision s'obtient au détriment d'une antenne de détection plus volumineuse, plus lourde.

[0005] Un but de l'invention est de limiter au moins un des inconvénients précités.

[0006] A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif sonar comprenant un support, le support ayant une flottabilité négative, et une antenne de réception acoustique linéaire, l'antenne de réception acoustique linéaire comprenant un corps allongé
5 depuis une première extrémité jusqu'à une deuxième extrémité, le corps allongé étant relié par la première extrémité en un point de liaison fixe par rapport au support. Le dispositif sonar est apte à être dans une configuration de réception dans laquelle le corps de l'antenne et le support sont totalement immergés et dans laquelle le corps d'antenne est susceptible d'être dans une orientation verticale, dans laquelle le
10 corps d'antenne s'étend sensiblement verticalement depuis la première extrémité jusqu'à la deuxième extrémité vers le fond marin. Le dispositif sonar comprend des moyens de réglage d'orientation permettant de régler, lorsque le dispositif sonar est dans la configuration de réception et le support est fixe par rapport au référentiel terrestre, un angle de site et un azimuth de la deuxième extrémité dans un repère lié
15 au support centré sur le point de liaison.

[0007] Avantageusement, le dispositif sonar comprend des moyens de réglage de positionnement relatif permettant de régler un positionnement relatif des transducteurs électro-acoustiques de l'antenne sonar lorsque la deuxième extrémité présente un angle de site prédéterminé et un azimuth prédéterminé, lorsqu'il existe.

[0008] Avantageusement, le dispositif sonar comprend des moyens de traitement configurés pour localiser un bruiteur à partir de plusieurs jeux de mesures acoustiques générées par l'antenne de réception acoustique, les jeux de mesures acoustiques comprenant un premier jeu de mesures acquises par l'antenne de
20 réception acoustique lorsque la deuxième extrémité occupe une première position par rapport au support, c'est-à-dire dans le repère lié au support, et un deuxième jeu de mesures acquises par l'antenne de réception acoustique lorsque la deuxième extrémité occupe une deuxième position par rapport au support.

[0009] Dans un premier mode de réalisation, l'antenne de réception acoustique linéaire comprend plusieurs transducteurs acoustiques répartis le long d'une ligne de
30 transducteurs susceptible d'être rectiligne et présentant une courbure susceptible de varier sous l'effet du déplacement de la deuxième extrémité par rapport au support.

[0010] Dans un deuxième mode de réalisation, l'antenne de réception linéaire comprend plusieurs transducteurs acoustiques répartis le long d'une ligne droite de transducteurs.

[0011] Le corps d'antenne est, par exemple, est en liaison rotule avec le support.

- 5 [0012] Avantageusement, les moyens de réglage comprennent des moyens d'entraînement permettant de déplacer la deuxième extrémité par rapport au support.

[0013] Les moyens d'entraînement comprennent avantageusement un propulseur.

[0014] Les moyens d'entraînement comprennent avantageusement un ballast ayant une masse volumique variable.

- 10 [0015] Dans une réalisation particulière, les moyens d'entraînement sont montés sur le corps d'antenne.

[0016] Dans une autre réalisation particulière, les moyens d'entraînement comprennent un propulseur susceptible de venir coopérer avec le corps d'antenne de façon transitoire pour permettre régler l'angle de site et l'azimut de la deuxième
15 extrémité.

[0017] Avantageusement, le dispositif sonar comprend un dispositif de réglage d'immersion permettant de régler une profondeur de l'antenne de réception acoustique linéaire.

- [0018] L'invention se rapporte également à un procédé de localisation d'un bruiteur à
20 partir d'un dispositif sonar selon l'invention. Le procédé comprend une étape d'estimation d'une zone de positionnement du bruiteur à partir de plusieurs jeux de mesures acoustiques comprenant un premier jeu de mesures acoustiques acquises lorsque la deuxième extrémité longitudinale occupe une première position par rapport au support, un deuxième jeu de mesures acoustiques acquises lorsque la
25 deuxième extrémité longitudinale occupe une deuxième position par rapport au support.

- [0019] L'invention se rapporte également à un procédé de détection et de localisation d'un bruiteur à partir d'un dispositif sonar selon l'invention. Le procédé comprenant une étape d'acquisition d'un premier jeu de mesures acoustiques lorsque la
30 deuxième extrémité longitudinale occupe une première position par rapport au support, une étape d'acquisition d'un deuxième jeu de mesures acoustiques lorsque

la deuxième extrémité longitudinale occupe une deuxième position par rapport au support, une étape de détection d'un bruiteur, à partir du premier jeu de mesures acoustiques et du deuxième jeu de mesures acoustiques, et une étape d'estimation d'une zone de positionnement du bruiteur à partir du premier jeu de mesures
5 acoustiques et du deuxième jeu de mesures acoustiques.

[0020] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

[0021] [Fig.1] la figure 1 représente schématiquement un dispositif sonar selon un
10 premier mode de réalisation de l'invention dans deux configurations de réception,

[0022] [Fig.2] la figure 2 représente schématiquement des zones de positionnement coniques obtenues à partir d'une antenne de réception acoustique linéaire,

[0023] [Fig.3] la figure 3 représente schématiquement une partie du dispositif sonar selon un deuxième mode de réalisation de l'invention dans une orientation verticale
15 basse, et deux autres configurations de réception,

[0024] [Fig.4] la figure 4 représente schématiquement un exemple de dispositif de modification de la flottabilité,

[0025] [Fig.5] la figure 5 représente un schéma bloc du dispositif sonar selon l'invention,

20 [0026] [Fig.6] la figure 6 représente des étapes d'un procédé de détection et de localisation selon l'invention,

[0027] [Fig.7] la figure 7 représente des étapes d'un procédé de localisation selon l'invention.

25 [0028] D'une figure à l'autre, les mêmes éléments sont repérés par les mêmes références.

[0029] L'invention concerne un dispositif sonar comprenant une antenne de réception acoustique sonar de géométrie simple et étant configuré de sorte à permettre d'acquérir des mesures acoustiques permettant de localiser un bruiteur avec une précision relativement bonne. Le dispositif sonar permet d'acquérir des mesures
30 acoustiques même si l'antenne est reliée mécaniquement à un support fixe par

rapport au référentiel terrestre. L'invention se rapporte également à un système sonar comprenant le dispositif sonar.

[0030] En figure 1, on a représenté schématiquement un dispositif sonar selon un premier mode de réalisation de l'invention.

- 5 [0031] Le dispositif sonar D comprend un flotteur F et une ligne de plongée LP reliant le flotteur F à un support S. Le support S présente une flottabilité négative. Le support S relie la ligne de plongée LP à une antenne de réception acoustique A.

[0032] L'antenne de réception acoustique A permet d'acquérir des mesures acoustiques.

- 10 [0033] L'antenne de réception A comprend une pluralité de transducteurs acoustiques TA_j , $j = 1$ à N où N est un entier supérieur à 1 correspondant au nombre de transducteurs acoustiques.

- [0034] Par transducteur acoustique TA_j , on entend un transducteur apte à transformer une onde acoustique en une mesure acoustique, c'est-à-dire à acquérir
15 une mesure acoustique. Par mesure acoustique, on entend un signal représentatif d'une intensité acoustique et d'une fréquence acoustique en fonction du temps sur une durée d'acquisition.

- [0035] Un transducteur acoustique TA_j est, par exemple, un transducteur électro-acoustique, par exemple un hydrophone, transformant une onde acoustique en un
20 signal électrique représentatif d'une intensité et d'une fréquence de l'onde acoustique détectée par le transducteur, en fonction du temps sur une durée d'acquisition ou bien un transducteur opto-acoustique, transformant une onde acoustique en un signal optique représentatif d'une intensité et d'une fréquence de l'onde acoustique détectée par le transducteur, en fonction du temps sur une durée
25 d'acquisition.

- [0036] La mesure acoustique délivrée par un transducteur acoustique comprend, par exemple, plusieurs séries de mesures élémentaires d'intensité réalisées pendant différentes durées élémentaires de la durée d'acquisition. Chaque série de mesures élémentaires est réalisée à une fréquence acoustique prédéterminée ou dans une
30 bande de fréquence acoustique prédéterminée distincte des autres fréquences / bandes de fréquences des autres séries élémentaires. La mesure acoustique délivrée par un transducteur est, par exemple, sous forme d'une série de matrices

intensité – temps réalisées à différentes fréquences. Chaque matrice ou mesure élémentaire comprend des valeurs d'intensité mesurées pendant différentes durées élémentaires à une fréquence déterminée ou dans une bande de fréquence déterminée. Les différentes mesures élémentaires sont obtenues à différentes
5 fréquences ou dans des bandes de fréquences distinctes. L'antenne A comprend un corps d'antenne C intégrant les transducteurs acoustiques TA_j de l'antenne A. Le corps d'antenne C est un corps allongé s'étendant longitudinalement, depuis une première extrémité E1 jusqu'à une deuxième extrémité E2.

[0037] Le corps d'antenne C est relié mécaniquement au support S.

10 [0038] Comme visible en figure 1, l'antenne A est linéaire. Elle comprend une pluralité de transducteurs acoustiques TA_j répartis le long d'une ligne de transducteurs d susceptible d'être droite, c'est-à-dire rectiligne. Le corps d'antenne C est allongé selon la ligne de transducteurs.

[0039] Les transducteurs acoustiques TA_j sont disposés à différentes abscisses
15 curvilignes selon la ligne de transducteurs d. L'antenne de la réalisation de la figure 1 comprend un unique transducteur acoustique à chaque abscisse curviligne. En variante, l'antenne comprend plusieurs transducteurs acoustiques à chaque abscisse curviligne. Des transducteurs acoustiques sont, par exemple autour d'une ligne de transducteurs.

20 [0040] Dans la réalisation non limitative de la figure 1, cette ligne de transducteurs est une droite d.

[0041] Le corps allongé C est relié par la première extrémité E1 au support S et, plus particulièrement, à un point de liaison PL fixe par rapport au support.

[0042] Dans la réalisation non limitative de la figure 1, l'antenne A est en liaison
25 rotule avec le support S. Ainsi, la première extrémité longitudinale E1 est fixe en translation par rapport au support S selon trois axes d'un repère orthogonal lié au support S. Le point de liaison PL est le centre de la rotule dans ce mode de réalisation.

[0043] La deuxième extrémité E2 du corps d'antenne C est libre.

30 [0044] Le dispositif sonar D est configuré pour fonctionner, c'est-à-dire effectuer des mesures acoustiques et localiser des bruiteurs, lorsqu'il se trouve dans une

configuration de réception. Le dispositif sonar D selon l'invention est apte à être dans plusieurs configurations de réception.

[0045] Dans cette configuration de réception, telle que représentée en figure 1, le corps de l'antenne C et le support S sont totalement immergés.

5 [0046] Dans le cas non limitatif du dispositif de la figure 1, le flotteur F flotte à la surface de l'eau et la ligne de plongée LP s'étend sensiblement verticalement sous l'effet de la flottabilité positive du flotteur F et de la flottabilité négative du support S. Une direction verticale ou un axe vertical est sensiblement perpendiculaire à la surface de la mer par état de mer calme.

10 [0047] L'antenne de réception acoustique est reliée mécaniquement au support S et configurée de façon à être susceptible d'occuper plusieurs orientations dans un repère lié au support centré sur le point de liaison PL.

[0048] L'antenne est susceptible d'être dans une orientation verticale basse OVB représentée en trait plein en figure 1, dans laquelle le corps d'antenne C est
15 suspendu au support S et s'étend longitudinalement sensiblement verticalement depuis la première extrémité E1 jusqu'à la deuxième extrémité E2 vers le fond marin.

[0049] Selon l'invention, le corps d'antenne C est configuré et relié au point de liaison PL de façon qu'une deuxième extrémité E2 soit déplaçable par rapport au support S et par rapport à la première extrémité E1 et plus particulièrement de façon qu'un
20 angle de site et un azimut de la deuxième extrémité E2 dans un repère orthogonal ($r ; x1 ; z$) lié au support S et centré sur le point de liaison PL soient variables.

[0050] Chaque configuration de réception de l'antenne est caractérisée par un angle de site et un azimut (lorsqu'il existe).

[0051] Le dispositif sonar D selon l'invention comprend également des moyens de
25 réglage de l'orientation de l'antenne A, permettant de régler un angle de site et un azimut de la deuxième extrémité E2 par rapport au support, c'est-à-dire dans un repère lié au support S centré sur le point de liaison PL. Ces moyens de réglage d'orientation permettent de régler l'orientation de l'antenne lorsque le dispositif sonar D est dans la configuration de réception et le support S est fixe par rapport au
30 référentiel terrestre. Autrement dit, les moyens de réglage d'orientation permettent de régler une position de la deuxième extrémité E2 du corps d'antenne C par rapport au

support S selon les trois directions d'un repère tridimensionnel lié au support S lorsque le support S occupe une position fixe dans le référentiel terrestre.

[0052] Les moyens de réglage d'orientation permettent d'assurer ce réglage lorsque le dispositif sonar D est dans une configuration de réception et le support S est fixe
5 par rapport au référentiel terrestre.

[0053] Cela permet de modifier une orientation de l'antenne dans un repère lié au support S, c'est-à-dire de modifier une orientation de la ligne de transducteurs lorsqu'elle est droite ou plus généralement d'une ligne droite reliant les deux extrémités E1 et E2 ou le point de liaison PL et E2.

10 [0054] L'angle de site de la deuxième extrémité E2 est l'angle formé entre un plan horizontal ($r ; x_1$) passant par le point de liaison PL et la droite reliant le point de liaison PL à l'extrémité E2 et l'azimut de la deuxième extrémité E2 est l'angle formé autour d'un axe vertical z du repère ($r ; x_1 ; z$) lié au support S entre un axe horizontal de référence r de ce repère et la droite reliant le point de liaison PL à
15 l'extrémité E2. L'angle de site est positif lorsque la deuxième extrémité se trouve au-dessus du plan horizontal ($r ; x_1$) et négatif lorsqu'il se trouve en-dessous.

[0055] Les moyens de réglage d'orientation comprennent des moyens d'entraînement ENT permettant, lorsque le support S est fixe, de déplacer la deuxième extrémité E2 du corps d'antenne C par rapport au support S selon les trois
20 directions du repère lié au support. Ces moyens d'entraînement ENT permettent de déplacer la deuxième extrémité E2 dans le repère lié au support de façon à faire varier son angle de site et son azimut. Ce déplacement de la deuxième extrémité E2 par rapport au support S entraîne un déplacement de la deuxième extrémité E2 par rapport à la première extrémité E1.

25 [0056] Ainsi les moyens d'entraînement ENT permettent de déplacer l'extrémité E2, même lorsque le support S est fixe dans le référentiel terrestre, par rapport au support S, depuis la position qu'elle occupe lorsque le corps d'antenne C est dans la orientation verticale basse OVB jusqu'à une orientation inclinée OI, telle que représentée en traits pointillés en figure 1. Dans l'orientation verticale basse OVB, la
30 deuxième extrémité présente un angle de site α_1 de $-\pi/2$, l'azimut n'étant pas défini, c'est-à-dire n'existant pas, pour cet angle de site.

[0057] L'azimut existe et est réglable lorsque l'angle de site est différent de $-\pi/2$ ou $\pi/2$.

[0058] Dans l'orientation inclinée de la figure 1, la deuxième extrémité présente un angle de site α_2 négatif et supérieur à $-\pi/2$ et un azimut β_2 .

5 [0059] Avantageusement, les moyens d'entraînement ENT permettent de faire varier continument l'angle de site de la deuxième extrémité E2 entre $-\pi/2$ et un angle de site maximum. L'angle de site maximum est supérieur à $-\pi/2$. Il peut être négatif, nul ou positif. Il peut, par exemple être égal à $\pi/2$.

10 [0060] Avantageusement, les moyens d'entraînement ENT permettent de faire varier continument l'azimut de la deuxième extrémité E2 entre 0 et 2π exclu lorsque l'angle de site est différent de $-\pi/2$ et $\pi/2$.

[0061] Les moyens de réglage d'orientation comprennent également des moyens de commande permettant de commander les moyens d'entraînement pour que les moyens d'entraînement ENT règlent l'angle de site de la deuxième extrémité E2 sur
15 un angle de site cible et l'azimut de la deuxième extrémité E2 sur un azimut cible, lorsque le support S est fixe dans le référentiel terrestre, c'est-à-dire par rapport à la terre.

[0062] L'antenne A du dispositif sonar D selon l'invention est ainsi orientable dynamiquement dans l'espace, même si le support S est fixe ce qui permet de
20 recréer virtuellement une antenne tridimensionnelle à partir d'une antenne linéaire et ainsi de former des voies dans différentes directions selon la direction de la droite x. Le dispositif sonar D selon l'invention permet donc d'acquérir des mesures acoustiques permettant de localiser un bruiteur avec une meilleure précision qu'avec une antenne linéaire fixe ou dont le déplacement n'est pas maîtrisé, à partir d'une
25 antenne linéaire de géométrie simple et économique en termes de transducteurs acoustiques. Les performances de l'antenne en termes de localisation ne sont plus limitées par sa géométrie.

[0063] En effet, lorsque le bruiteur est fixe par rapport au support S, une antenne linéaire suspendue verticalement aux moyens de liaison, comme dans l'orientation
30 verticale basse OVB de la figure 1, permet d'obtenir différentes directions d'écoute en faisant plusieurs formations de voies en appliquant différents jeux de retards à un

même jeu de mesures acoustiques acquises simultanément par les différents transducteurs acoustiques de l'antenne. Les différentes directions d'écoute (ou directivités de voies) sont réglables en site (en élévation) mais pas en azimut. Ainsi, la formation de voies à partir de signaux obtenus à partir d'une antenne linéaire

5 verticale permet d'obtenir l'angle d'élévation de la direction sur laquelle se trouve le bruiteur mais pas l'azimut de cette direction. Autrement dit, il est possible de déduire des mesures obtenues par l'antenne, une première surface conique C1 d'axe z, visible en figure 2, sur laquelle se trouve globalement un bruiteur B mais il n'est pas possible de savoir où se trouve précisément le bruiteur sur cette surface. Dans la

10 pratique, la zone de positionnement définie pour un bruiteur détecté à partir d'une voie formant un angle d'élévation (ou de site) prédéterminé correspond à un volume local globalement conique ou pseudo-conique d'axe z comprenant la première surface conique C1, de même sommet et axe que la première surface conique et présentant une ouverture angulaire en site autour de l'angle de site. L'ouverture

15 angulaire en site diminue avec l'angle de site de 0 vers $\pi/2$ car la précision de positionnement augmente dans ce sens.

[0064] En amenant ensuite l'antenne linéaire selon le deuxième axe perpendiculaire à l'axe z, et en faisant l'acquisition de mesures acoustiques lorsque l'antenne est dans cette orientation, les formations de voies à partir de mesures acquises

20 simultanément par les transducteurs acoustiques de l'antenne dans cette orientation permettent de déduire l'azimut du bruiteur. Il est possible d'en déduire un volume réduit formé autour de deux demi-droites db1 et db2. Le bruiteur B est localisé dans ce volume réduit. Ces demi-droites correspondent à l'intersection entre la première surface conique C1 et une deuxième surface conique C2, comme représenté en

25 figure 2. En pratique le volume réduit correspond à l'intersection des deux volumes pseudo-coniques comprenant chacun une des surfaces coniques C1 et C2 et dont l'axe et le sommet sont les mêmes que ceux de la surface conique correspondantes C1 ou C2. En disposant l'antenne linéaire selon un troisième axe, par exemple horizontal et perpendiculaire au deuxième axe, et en faisant l'acquisition de mesures

30 acoustiques lorsque l'antenne est dans cette orientation, la formation de voies à partir de mesures acoustiques acquises simultanément par les transducteurs acoustiques de l'antenne dans cette position permet de lever l'ambiguïté sur la position du bruiteur et donc, d'améliorer la précision de positionnement du bruiteur.

Le bruiteur B est localisé dans un volume encore plus réduit centré sur un point B situé à l'intersection des trois surfaces coniques. Dans la pratique, le volume plus réduit centré sur le point B est l'intersection des trois pseudo-volumes comprenant chacun une des trois surfaces coniques et de même axe et même sommet que la surface conique correspondante.

[0065] Cette invention est particulièrement adaptée à la localisation d'un bruiteur fixe par rapport au support.

[0066] Le dispositif sonar selon l'invention permettant une réorientation dynamique de l'antenne, permet de mettre en œuvre un procédé dans lequel l'antenne est repositionnée et des mesures acoustiques sont acquises jusqu'à obtenir une position avec une précision prédéterminée.

[0067] Le dispositif sonar selon l'invention est apte à être mis en œuvre à partir d'un support S statique. Il ne nécessite pas le remorquage de l'antenne par un bâtiment marin ce qui le rend économique et susceptible d'être utilisé dans une zone de taille limitée. Il est par ailleurs discret.

[0068] Par ailleurs, ce dispositif sonar est facilement déployable depuis un seul point d'attache (bouée).

[0069] Dans la réalisation particulière de la figure 1, la ligne de transducteurs d est une droite. L'antenne est configurée pour que la ligne de transducteurs présente cette forme linéaire en configuration de réception, quelle que soit la position de l'extrémité E2.

[0070] Autrement dit, les moyens d'entraînement ENT permettent, comme représenté en figure 1, de faire varier une inclinaison de l'antenne A, en particulier de la ligne droite de transducteurs par rapport à un plan horizontal lié au support S et par rapport à un plan vertical lié au support S et contenant l'axe r.

[0071] Dans un deuxième mode de réalisation représenté en figure 3, l'antenne AA diffère de l'antenne de la figure 1 en ce qu'elle est flexible. Autrement dit, les transducteurs sont répartis selon une ligne de transducteurs susceptible d'être droite ou rectiligne et susceptible de se courber sous l'effet d'un déplacement de l'extrémité E2 par rapport au support S. Cela est permis par la flexibilité du corps d'antenne CC.

[0072] L'antenne AA est, par exemple, configurée pour s'étendre en ligne droite sensiblement verticale dans l'orientation verticale basse OVB représentée en figure 3 à gauche et à être courbe dans des configurations inclinées telles que représentées en figures 3 au milieu et à droite. L'antenne subit une flexion lorsque les moyens
5 d'entraînement éloignent la deuxième extrémité E2 de sa position d'équilibre représentée en figure 3 à gauche.

[0073] L'extrémité E2 est, par exemple, apte à occuper les points d'une surface SURF globalement demi-sphérique ou sphérique ou globalement en ellipsoïde ou demi ellipsoïde comme représenté en figure 3.

10 [0074] L'antenne A peut être reliée au support S par une liaison rotule comme représenté en figure 1.

[0075] De façon plus générale, l'antenne peut être reliée au support S par une liaison à trois degrés de liberté en rotation. Un certain débattement peut, par exemple, être autorisé selon un ou plusieurs axes de translation.

15 [0076] A cet effet, la première extrémité E1 de l'antenne flexible AA ou linéaire droite A, est, par exemple, reliée au support S par un corps de liaison susceptible de déformer sous l'effet du déplacement de la deuxième extrémité E2 par les moyens d'entraînement ENT par rapport à sa position d'équilibre.

20 [0077] En variante, le corps d'antenne CC est flexible et fixé directement sur le support S autrement dit, la première extrémité E1 et le point de liaison PL occupent une même position.

[0078] Les moyens d'entraînement ENT comprennent, par exemple, comme représenté en figure 1, un propulseur PROP permettant de déplacer la deuxième extrémité E2 par rapport au support S (lorsque le support est fixe dans le référentiel terrestre) au moins selon deux directions orthogonales dans un plan horizontal, et de
25 préférence, mais pas nécessairement, selon un axe vertical z.

[0079] Dans l'exemple non limitatif des figures, le propulseur PROP comprend des turbopropulseurs configurés et disposés autour de la deuxième extrémité E2 de façon à permettre de déplacer la deuxième extrémité par rapport au support S dans
30 trois directions orthogonales, lorsque le support est fixe dans le référentiel terrestre.

[0080] Avantageusement, les moyens d'entraînement ENT comprennent un dispositif de modification de la flottabilité MF monté sur la deuxième extrémité E2. Cela permet de limiter l'énergie consommée par le propulseur PROP pour modifier son angle de site, puis de le maintenir à un angle de site prédéterminé sans utiliser le propulseur
5 et donc de limiter l'énergie consommée. Par ailleurs, le fait de ne pas avoir à utiliser les moyens d'entraînement ENT pour maintenir l'angle de site fixe permet d'éviter une pollution des mesures acquises par l'antenne par un bruit acoustique, électrique ou magnétique, susceptible d'être généré par les moyens d'entraînement.

[0081] A cet effet, les moyens d'entraînement ENT sont configurés pour permettre de
10 maintenir l'angle de site constant sur toute la plage d'angle de site s'étendant depuis l'angle de site minimal jusqu'à l'angle de site maximal.

[0082] Le dispositif de modification de la flottabilité permet d'accélérer la reconfiguration de l'antenne et donc de limiter le temps de latence entre deux acquisitions successives.

15 [0083] Avantageusement mais non nécessairement, l'orientation verticale basse OVB est une orientation de repos ou d'équilibre du corps d'antenne C. Il s'agit, par exemple, de l'orientation de repos de l'antenne lorsque des moyens de variation de la flottabilité MF présentent une flottabilité minimale alors qu'un propulseur PROP, lié à l'antenne est à l'arrêt.

20 [0084] Avantageusement, le corps d'antenne C peut présenter une flottabilité neutre. En variante, le corps d'antenne présente une flottabilité négative ou positive.

[0085] Comme représenté en figure 4, le dispositif de modification de la flottabilité MF comprend, par exemple, un ballast BAL à masse volumique variable, c'est-à-dire à volume fixe et masse variable ou à masse fixe et à volume variable et des moyens
25 commandables permettant de faire varier cette masse ou ce volume.

[0086] Par exemple, le ballast BAL présente un volume fixe et une masse variable. Il comprend un boîtier BOIT, contenant un gaz et un liquide, et un piston PS séparant de façon étanche un premier compartiment étanche CE1 du boîtier BOIT contenant le gaz G et un deuxième compartiment CE2 du boîtier B contenant le liquide L et
30 communiquant fluidiquement avec le milieu marin extérieur par un orifice OR. Le dispositif de modification de la flottabilité MF comprend un actionneur ACT permettant de déplacer le piston PS en translation de façon à modifier les volumes

des compartiments CE1 et CE2, le volume du compartiment CE1 augmentant lorsque le volume du compartiment CE2 diminue. Le déplacement du piston PS en translation modifie ainsi la quantité de liquide dans le deuxième compartiment CE2 ce qui modifie la flottabilité du ballast BAL entraîne également la modification du
5 volume occupé par le gaz G dans le premier compartiment CE1.

[0087] Avantageusement, les moyens d'entraînement ENT sont disposés au niveau de la deuxième extrémité de l'antenne A. Cette position est avantageuse du point de vue de la longueur du bras de levier. Dans le cas d'une antenne flexible, elle est également avantageuse du point de vue de la maîtrise de la forme de l'antenne lors
10 de son déplacement et permet d'obtenir une évolution continue du rayon de courbure de l'antenne sur toute sa longueur.

[0088] En variante, les moyens d'entraînement ENT sont disposés entre les extrémités E1 et E2 ou bien répartis le long de l'antenne.

[0089] Dans les exemples précédents, les moyens d'entraînement ENT sont montés
15 sur l'antenne.

[0090] En variante, les moyens d'entraînement comprennent, par exemple, un câble de longueur réglable relié à l'antenne, par exemple à la deuxième extrémité, et un treuil permettant de régler la longueur du câble de façon à permettre de régler l'angle d'élévation de la deuxième extrémité E2 et un actionneur rotatif permettant de régler
20 l'azimut de la deuxième extrémité E2.

[0091] En variante, les moyens d'entraînement ENT comprennent un propulseur indépendant apte à venir coopérer de façon transitoire avec l'antenne pour déplacer la deuxième extrémité de l'antenne. Le propulseur est par exemple du type drone sous-marin. L'invention se rapporte alors à un dispositif sonar ou à un système sonar
25 comprenant le dispositif sonar et les moyens d'entraînement.

[0092] Dans ce dernier cas, l'orientation verticale basse OVB est une orientation d'équilibre de l'antenne lorsque, dans le cas d'un propulseur PROP est apte à venir coopérer de façon transitoire avec l'antenne pour déplacer la deuxième extrémité E2 de l'antenne, le propulseur PROP est dissocié de l'antenne.

[0093] Avantageusement, le dispositif sonar comprend des moyens de réglage d'immersion ou un dispositif de réglage de l'immersion permettant de régler la profondeur ou l'immersion IM de l'antenne A. Ces moyens permettent, lorsque
30

l'antenne est à une certaine profondeur, d'obtenir des mesures acoustiques issues d'une zone qui est une zone d'ombre pour l'antenne lorsque cette dernière se trouve à une autre profondeur. Une zone d'ombre est créée par la propagation acoustique sous-marine définie par le profil de bathycélérimétrie des ondes acoustiques fonction de la profondeur. De descendre la seconde antenne permet donc de déplacer une zone d'ombre et de confirmer ou préciser la détection et/ou la position d'un bruiteur. Ces moyens permettent donc d'améliorer les capacités de détection de bruiteurs et donc les capacités de localisation de bruiteurs. Le fait de faire varier l'immersion de l'antenne peut aussi améliorer le niveau « signal sur bruit » d'un bruiteur détecté par l'antenne.

[0094] Ces moyens de réglage d'immersion comprennent, par exemple, de façon non limitative, un treuil T permettant de régler la longueur de la ligne de plongée L et donc la profondeur du support S. Le treuil T peut être intégré au flotteur F comme en figure 1 ou au support S.

[0095] Avantageusement, le dispositif sonar comprend des moyens de réglage de positionnement relatif permettant de régler un positionnement relatif des transducteurs acoustiques TA_j de l'antenne A, lorsque le corps d'antenne C est fixe par rapport au support S. En termes de détection, la variation du positionnement relatif des transducteurs conditionne les performances liées aux gammes de fréquence détectées et à la portée de l'antenne. Une longue antenne détecte des bruiteurs émettant à très basse fréquence à de très grandes distances, inversement une antenne plus petite présente une portée moins importante et permet de détecter des bruiteurs émettant à moyenne et haute fréquence. Cet avantage de réglage de positionnement relatif des transducteurs, permet donc de fournir des indices supplémentaires sur la localisation proche/lointaine des bruiteurs. Les moyens de réglage de positionnement comprennent, par exemple, des actionneurs linéaires aptes à déplacer linéairement les différents transducteurs sur même ligne droite et capteurs de position permettant de détecter les positions des différents capteurs sur la ligne droite, les capteurs envoyant les positions détectées à des moyens de commande des transducteurs. En variante, les transducteurs sont maintenus espacés deux à deux par des ressorts de compression, des butées d'extrémité permettent de maintenir les ressorts en compression. Des actionneurs linéaires sont prévus pour faire varier la distance entre les butées d'extrémité de façon à faire

varier l'espacement entre les transducteurs. D'autres solutions sont bien entendu envisageables.

[0096] Ainsi, dans la réalisation particulière et non limitative des figures, chaque configuration de réception est caractérisée par un ensemble de paramètres de configuration comprenant un angle de site, un azimuth (lorsqu'il existe), une immersion de l'antenne de réception et une position relative entre les capteurs. Ces paramètres de configuration sont réglables de façon indépendante par les moyens de réglage

[0097] En variante, seuls l'angle de site et l'azimut sont variables.

10 [0098] De façon générale, le dispositif sonar comprend au moins des moyens permettant de faire varier l'angle de site et l'azimut.

[0099] En figure 1, le flotteur F ou support principal se trouve au-dessus du support S selon un axe vertical z.

15 [0100] En variante, le support principal F est situé au-dessus de la surface de l'eau, comme une plateforme d'un hélicoptère, ou tout support partiellement immergé ou totalement immergé se trouvant au-dessus du support S selon un axe vertical en configuration de réception.

[0101] En figure 5, on a représenté un schéma bloc du dispositif sonar ou système sonar selon l'invention.

20 [0102] Ce dispositif comprend des moyens de traitement TRAIT configurés pour mettre en œuvre un procédé de localisation, c'est-à-dire pour calculer une position P ou zone de positionnement d'un bruiteur B à partir de plusieurs jeux de mesures acoustiques J_i avec $i = 1$ à M acquis par l'antenne de réception acoustique comme expliqué précédemment. M est le nombre de jeux de mesures et est supérieur à 1.

25 Les moyens de traitement TRAIT mettent en œuvre un procédé de localisation du bruiteur B, lorsqu'une condition de mise en œuvre de ce procédé de localisation est respectée.

[0103] La condition est, par exemple, la détection d'un bruiteur.

30 [0104] Avantagusement, les moyens de traitement TRAIT sont aptes à délivrer des positions de consignes de façon à commander les moyens de commande COM de façon qu'ils commandent les moyens d'entraînement ENT de façon à régler la

position de la deuxième extrémité sur la position de consigne. Plus généralement, les moyens de traitement TRAIT sont configurés pour délivrer des consignes de réglage de façon à commander les moyens de commande COM de façon qu'ils commandent les moyens d'entraînement pour régler la configuration de réception sur une

5 configuration de commande.

[0105] L'invention se rapporte également à un procédé de détection et de localisation d'un bruiteur comprenant différentes étapes répertoriées en figure 6.

[0106] Le procédé comprend une première étape d'acquisition 100 de mesures sonar à partir de l'antenne, l'antenne étant dans une première configuration de réception

10 dans laquelle la deuxième extrémité longitudinale E2 occupe une première position par rapport au support S, c'est-à-dire dans un référentiel lié au support.

[0107] Lors de cette étape 100, chaque transducteur acoustique TA_j délivre, comme visible en figure 6, une première mesure acoustique $M1_j$ représentative d'une intensité acoustique et d'une fréquence acoustique en fonction du temps sur la durée

15 d'acquisition. Cette première mesure acoustique $M1_j$ comprend, par exemple, plusieurs séries de mesures élémentaires d'intensité réalisées pendant différentes durées élémentaires de la durée d'acquisition. Chaque série de mesures élémentaires est réalisée à une fréquence acoustique prédéterminée ou dans une bande de fréquence acoustique prédéterminée distinctes des autres fréquences /

20 bandes de fréquences des autres séries élémentaires. La mesure acoustique délivrée par un transducteur est, par exemple, sous forme d'une série de matrices intensité – temps réalisées à différentes fréquences. Chaque matrice ou mesure élémentaire comprend des valeurs d'intensité mesurées pendant différentes durées élémentaires à une fréquence déterminée ou dans une bande de fréquence

25 déterminée. Les différentes mesures élémentaires sont obtenues à différentes fréquences ou dans des bandes de fréquences distinctes.

[0108] Le procédé comprend une étape de détection 200 d'un bruiteur comprenant une première étape 201 de formation de voies à partir de mesures acoustiques acquises par les différents transducteurs acoustiques lors de l'étape 100. Plus

30 précisément, on forme au moins une voie sonar à partir d'un premier jeu $J1$ comprenant les premières mesures acoustiques $M1_j$ avec $j = 1$ à N acquises par les transducteurs. Une voie sonar est formée en appliquant un jeu de retards aux

différentes mesures acoustiques $M1_j$ avec $j = 1$ à N délivrés par les différents transducteurs acoustiques TA_j . Les jeux de retards appliqués sont différents pour les différentes voies sonar. Cela permet d'obtenir, pour chaque voie, un signal acoustique. Le signal acoustique obtenu lors de la formation de voie est représentatif d'une intensité acoustique en fonction de la fréquence acoustique selon la direction d'écoute représentative de la voie correspondante. A l'issue de l'étape 201, on obtient un premier ensemble de signaux acoustiques S_{v1} avec $v1 = 1$ à $V1$ où $V1$ est un nombre entier supérieur ou égal à 1 de voies formées pour l'antenne. Cet ensemble est, par exemple, sous forme d'une matrice fréquence – directivité de voie

5 d'une intensité acoustique en fonction de la fréquence acoustique selon la direction d'écoute représentative de la voie correspondante. A l'issue de l'étape 201, on obtient un premier ensemble de signaux acoustiques S_{v1} avec $v1 = 1$ à $V1$ où $V1$ est un nombre entier supérieur ou égal à 1 de voies formées pour l'antenne. Cet ensemble est, par exemple, sous forme d'une matrice fréquence – directivité de voie

10 comprenant différentes valeurs d'intensité de signaux acoustiques S_k obtenues pour différents couples fréquence - directivité de voie.

[0109] Dans la pratique, on forme des voies en azimuth et/ou en élévation (site).

[0110] Si l'antenne s'étend sensiblement linéairement et sensiblement selon un axe vertical z , on forme avantageusement des voies uniquement en élévation et si

15 l'antenne s'étend sensiblement linéairement et sensiblement selon un axe horizontal, on forme avantageusement uniquement des voies en azimuth. Si l'antenne est dans une orientation intermédiaire, on forme avantageusement des voies en azimuth et en élévation.

[0111] Dans une étape 202, on détecte des bruiteurs détectés Bb avec $b = 1$ à BB où BB est le nombre de bruiteurs détectés à partir des voies formées pour l'antenne de réception en fonction d'un critère de détection prédéterminé. Le nombre BB de bruiteurs détecté peut, en variante, être nul. Chaque bruiteur détecté est caractérisé par un ensemble de caractéristiques Cb comprenant :

20 BB est le nombre de bruiteurs détectés à partir des voies formées pour l'antenne de réception en fonction d'un critère de détection prédéterminé. Le nombre BB de bruiteurs détecté peut, en variante, être nul. Chaque bruiteur détecté est caractérisé par un ensemble de caractéristiques Cb comprenant :

- un signal acoustique Sb représentatif d'une intensité acoustique en fonction de la
- 25 fréquence acoustique pour la voie correspondante,
- une zone de positionnement Zb dans laquelle est localisé le bruiteur local, la zone de positionnement est définie (positionnée et orientée) dans un repère local lié à l'antenne.

[0112] La détection 202 des bruiteurs est réalisée à partir des voies formées en

30 fonction d'un critère de détection.

[0113] Le critère de détection peut comprendre un seuil d'intensité, au-delà duquel un bruiteur est détecté, pouvant être fixe ou dépendre d'au moins un des paramètres

précités et/ou d'une fréquence acoustique. Le critère de sélection peut comprendre un critère de fréquence, pouvant comprendre une bande de fréquence acoustique à l'intérieur de laquelle doit se trouver la fréquence acoustique. Ce critère de fréquence peut être fixe ou dépendre d'au moins un des paramètres précités.

- 5 [0114] L'invention se rapporte à un procédé de localisation 300 d'un bruiteur comprenant une étape d'estimation d'une zone de positionnement du bruiteur à partir de plusieurs jeux de mesures acoustiques comprenant :

- un premier jeu de mesures acoustiques acquises lorsque la deuxième extrémité longitudinale E2 occupe une première position par rapport au support S,
- 10 - un deuxième jeu de mesures acoustiques acquises lorsque la deuxième extrémité longitudinale E2 occupe une deuxième position par rapport au support.

[0115] Le procédé de localisation 300 selon l'invention comprend, par exemple, comme visible en figure 7, un cycle d'étapes comprenant les étapes successives suivantes :

- 15 - une étape 301 de modification de la configuration de réception de l'antenne de façon que l'antenne présente une nouvelle configuration de réception,
- une nouvelle étape 302 d'acquisition des mesures acoustiques, l'antenne étant dans la nouvelle configuration de réception ce qui permet d'obtenir un jeu J de mesures acoustiques M_j ,
- 20 - une nouvelle étape 303 de détection de bruiteurs à partir du jeu de mesure J,
- une étape 304 de détermination d'une zone de positionnement d'un bruiteur Bb détecté lors de l'étape 203 à partir de caractéristiques de bruiteur Bb détecté lors d'un cycle d'étapes précédent ou lors de l'étape 202, lorsque le cycle est le premier cycle.

- 25 [0116] Le cycle peut être répété une ou plusieurs fois ou peut ne pas être répété.

- [0117] Avantageusement, lors d'au moins un cycle d'étapes, la deuxième position de la deuxième extrémité dans la nouvelle configuration de réception est différente de la première position de la deuxième extrémité dans la première configuration de réception dans un référentiel lié au support. Autrement dit, la deuxième extrémité
- 30 longitudinale occupe une deuxième position différente de la première position par rapport dans un repère lié au support, elle présente un angle de site différent de

l'angle de site qu'elle présentait dans la première position et/ou un azimut différent de l'azimut qu'elle présentait dans la première position.

[0118] L'étape 301 est mise en œuvre par les moyens de réglage.

[0119] L'étape 302 est identique à l'étape 202 à la configuration de réception près.

- 5 [0120] L'étape 303 est identique à l'étape 203 mais elle est réalisée à partir du jeu de mesures acoustiques mesuré lors du cycle courant à l'étape 302.

[0121] A l'issue de l'étape de détection 303, on obtient pour chaque bruiteur détecté B_h avec $h = 1$ à H où H est le nombre de bruiteurs détectés lors de l'étape de détection 303, un ensemble de caractéristiques Ch comprenant :

- 10 - un signal acoustique Sh représentatif d'une intensité acoustique en fonction de la fréquence acoustique pour la voie correspondante,
- une zone de positionnement Z_h dans laquelle est localisé le bruiteur B_h , la zone de positionnement est définie (positionnée et orientée) dans un repère local lié à l'antenne.

- 15 [0122] En variante, le nombre de bruiteurs détectés lors de l'étape 303 est nul.

[0123] L'étape 304 est mise en œuvre lorsque le nombre de bruiteurs détectés lors de l'étape 303 est non nul.

[0124] L'étape 304 consiste à définir une zone d'intersection entre des zones de positionnements obtenues pour différentes configurations de l'antenne de réception.

- 20 [0125] Cette étape est déterminée à partir de la position et de l'orientation du support S , dans chacune des configurations de réception, définies dans un référentiel commun qui est, par exemple, le référentiel terrestre.

- [0126] A cet effet, les zones de positionnement du bruiteur sont avantageusement définies, lors des différentes étapes de localisation du bruiteur, dans un même
25 référentiel commun, comme, par exemple, un référentiel lié au support S ou un référentiel terrestre.

[0127] L'étape de localisation comprend alors une étape de détermination d'une intersection entre les zones de positionnement dans le référentiel commun.

- [0128] En variante, lors des étapes de détection les zones de positionnement du
30 bruiteur sont déterminées dans un référentiel lié à l'antenne qui s'est déplacée entre

les deux étapes d'acquisition. L'étape de localisation comprend donc une étape de changement de référentiel des zones de positionnement pour définir ces zones de positionnement dans un référentiel commun par rapport auquel l'antenne se déplace entre les deux étapes d'acquisition. Toutefois, cette deuxième méthode est plus
5 coûteuse en calculs.

[0129] Avantageusement, l'étape 304 comprend une étape de changement de référentiel consistant à déterminer une position et une orientation des différentes zones de positionnement du bruiteur dans un même référentiel commun. Ce référentiel est par exemple le référentiel terrestre ou un référentiel lié au support S.

10 [0130] Il est à noter que l'étape 304 est mise en œuvre lorsqu'un bruiteur est détecté lors de l'étape 303 et lorsque ce bruiteur est aussi détecté lors d'un cycle précédent ou lors de l'étape 202.

[0131] Lors de la détermination de la position d'un bruiteur, il est nécessaire de s'assurer que l'on détermine une intersection de zones de positionnement
15 déterminées pour un même bruiteur. Le procédé comprend donc avantageusement, pour chaque bruiteur détecté, une étape de vérification d'un critère de similarité entre le bruiteur détecté et un bruiteur détecté à un cycle précédent ou lors de l'étape 202.

[0132] Cette étape peut, par exemple, être réalisée en comparant des fréquences des de bruiteurs détectés lors de plusieurs étapes ou mettant en œuvre une étape de
20 classification du bruiteur.

[0133] Une étape de classification du bruiteur consiste à associer le bruiteur, à partir de ses caractéristiques, à un type de bruiteur prédéterminé ou à identifier le bruiteur, le bruiteur étant alors par exemple associé à une identité. Elle avantageusement mise en œuvre à partir de caractéristiques connues de bruiteurs de différents types
25 connus stockés dans une base de données dite de classification. Chaque type de bruiteur est associé à différentes caractéristiques auxquelles sont comparées les caractéristiques du bruiteur et éventuellement ses caractéristiques cinétiques. Le type de bruiteur associé à un bruiteur est déterminé par une méthode de comparaison classique, par exemple, par corrélation ou par une méthode
30 d'appariement.

[0134] Par exemple, un bruiteur peut être associé à un type de bâtiment marin ou porteur en fonction de sa fréquence acoustique et de sa vitesse et de

caractéristiques en fréquence et vitesse de porteurs connus, comme par exemple un cargo et un hors-bord. Un hors-bord présentera notamment une signature fréquentielle et une vitesse nettement différentes de celles d'un cargo.

5 [0135] L'intensité acoustique du signal acoustique d'une antenne à l'origine du bruiteur d'intérêt peut être utilisée pour la classification en combinaison avec les positions de l'antenne et du bruiteur acoustique et, éventuellement, d'une caractéristique de réception de l'antenne.

10 [0136] L'étape 304 est réalisée à partir de mesures obtenues pour un même bruiteur, par exemple à partir de mesures obtenues pour des bruiteurs ayant un même identité, ou pour des bruiteurs de même type, ou des bruiteurs vérifiant un critère de similarité prédéterminé.

[0137] Avantageusement, le procédé comprend une étape de stockage des caractéristiques ou d'une partie des caractéristiques de chaque bruiteur détecté à chaque étape de détection. Cela permet de comparer des caractéristiques de
15 bruiteurs obtenues lors de différentes étapes d'acquisition et, par exemple, de revenir à une configuration précédente dans le cas où les résultats à cette configuration étaient optimums.

[0138] Le procédé de localisation est stoppé lorsqu'un critère d'arrêt est respecté.

20 [0139] Ce critère est par exemple un critère de précision sur la localisation d'un bruiteur.

[0140] La zone de localisation d'un bruiteur peut être transmise à d'autres dispositifs sonar.

[0141] Le procédé peut comprendre une phase de poursuite (ou « tracking » en terminologie anglo-saxonne) d'un bruiteur comprenant une étape d'estimation de
25 caractéristiques cinétiques du bruiteur et une étape de détermination d'une nouvelle configuration de réception de l'antenne prise parmi un ensemble de configurations de l'antenne pour que le bruiteur reste dans une zone de couverture spatiale de l'antenne lors d'une étape d'acquisition suivante dans laquelle l'antenne de réception est dans la nouvelle configuration de réception.

30 [0142] Cette étape est avantageusement réalisée à partir d'une probabilité de détection de l'antenne ou POD, en référence à l'expression anglo-saxonne

« Performance of the Day ». La POD définit une probabilité de détection d'un bruiteur au moyen de mesures obtenues par l'antenne dans la zone de couverture spatiale de l'antenne de réception. La probabilité de détection d'un bruiteur situé à l'extérieur de la zone de couverture spatiale, en utilisant des mesures acoustiques acquises par l'antenne, est nulle. Les formes des zones de couverture spatiale obtenues sont relativement complexes et non uniformes dues à la non linéarité de la propagation du son dans l'eau. Elles sont définies (position, orientation) dans un repère lié à l'antenne.

[0143] Le procédé peut alors comprendre une étape de détermination de la POD de l'antenne.

[0144] La POD est déterminée, par une méthode connue de l'homme du métier, à partir :

- d'au moins une caractéristique technique de l'antenne prise parmi une bande de fréquence de détection, une portée maximale, un gain et un bruit propre,
- d'au moins une caractéristique environnementale prise parmi une température ou une courbe de température autour du senseur, une profondeur du fond marin, un type de fond marin, un bruit de mer lié au trafic et/ou à l'état de la mer, une direction des vagues.

[0145] En variante, la POD est prédéterminée pour les valeurs des paramètres de configuration de l'antenne de réception. Le système comprend par exemple une base de données stockant des valeurs de POD pour différentes configurations de réception de l'antenne.

[0146] L'étape de détermination des caractéristiques cinétiques d'un bruiteur consiste à estimer une direction de déplacement et une vitesse du bruiteur à partir de caractéristiques du bruiteur. Cette estimation est, par exemple réalisée par comparaison à au moins un cycle précédent, à partir de zones de positionnement calculées pour un bruiteur lors de plusieurs étapes de détection successives. Ces zones de positionnement doivent être définies dans un même repère. La vitesse peut être calculée en déterminant un rapport entre une distance entre les zones de positionnement déterminées lors de deux étapes de détection successives et une durée séparant les étapes d'acquisition correspondantes.

[0147] Le procédé de localisation est avantageusement mis en œuvre lorsqu'un critère de localisation prédéterminé est vérifié. Ce critère de localisation peut être respecté lorsqu'un bruiteur est détecté ou lorsqu'une précision sur une localisation du bruiteur est inférieure à un seuil prédéterminé.

- 5 [0148] Chaque configuration ultérieure ou orientation ultérieure de l'antenne de configuration est, par exemple définie à partir de propriétés bathymétriques et/ou des conditions mer. Les configurations de réception successives sont, par exemple, prédéfinies.

- 10 [0149] Les configurations de réception successives sont, par exemple, prédéfinies pour une POD prédéfinie de l'antenne. Une base de données définit, par exemple, une suite de configurations de réception.

[0150] En variante, la configuration suivante est définie à partir du résultat de l'étape de localisation du bruiteur du cycle courant et éventuellement d'au moins un cycle précédent.

- 15 [0151] La configuration optimale est, par exemple, déterminée par simulation.

[0152] Dans un mode de réalisation seuls l'angle de site et l'azimut sont susceptibles d'être modifiés d'une configuration de réception à l'autre.

- 20 [0153] Par exemple, l'angle de site et l'azimut de la configuration suivante sont définis de façon qu'au moins une partie de la zone de positionnement du bruiteur définie au cycle en cours soit comprise dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'antenne de réception dans la configuration suivante. De préférence, l'angle de site et l'azimut de la configuration suivante sont définis de façon qu'au moins une droite génératrice de la surface conique définie au cycle courant, c'est-à-dire au cycle en cours, soit comprise dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'antenne. En effet, la précision de positionnement est plus fine dans ce plan.

[0154] Les différentes configurations sont, par exemple, définies en faisant varier l'angle de site et l'azimut de la façon suivante.

- 25 [0155] Le premier angle de site est égal $-\pi/2$. Pour cet angle, l'azimut n'est pas détecté.

[0156] L'angle de site est ensuite modifié en augmentant de façon que chaque modification jusqu'à ce que l'angle de site atteigne un angle de site maximal prédéterminé.

[0157] Pour chaque angle de site, une pluralité de configurations consécutives sont
5 déterminées, pour lesquelles le procédé de localisation est mis en œuvre. Ces configurations successives sont les suivantes. La première configuration définie pour chaque angle de site comprend un azimuth nul et à chaque configuration suivante, seul l'azimuth est modifié de façon que l'azimuth augmente à chaque nouvelle configuration jusqu'à atteindre 2π en prenant au moins une et de préférence
10 plusieurs valeurs différentes entre 0 et 2π .

[0158] En variante, à chaque nouveau cycle, l'angle de site et l'azimuth sont définis de façon qu'au cycle suivant l'axe longitudinal de l'antenne soit sensiblement « perpendiculaire » à la zone de positionnement du bruiteur déterminée lors du cycle actuel.

[0159] Avantageusement, le dispositif sonar comprend des moyens de détermination
15 d'une orientation et/ou d'une position du support dans le référentiel terrestre. Ces moyens comprennent par exemple, une centrale inertielle ou des MEMS, permettant d'intégrer les mouvements du support (accélération et vitesse angulaire) pour estimer sa position et/ou son orientation (angles de roulis, de tangage et de cap)
20 et/ou sa vitesse. Le support peut comprendre un récepteur GPS permettant de géolocaliser le support par satellite. Les mesures d'orientation et/ou de position du support sont avantageusement utilisées lors de l'étape de localisation.

[0160] Avantageusement, mais non nécessairement, les moyens de réglage de l'orientation de l'antenne comprennent des moyens de surveillance de la position de
25 la deuxième extrémité. Ces moyens peuvent par exemple comprendre des MEMS permettant d'intégrer les mouvements de la deuxième extrémité de l'antenne. Ils peuvent également utiliser les mesures provenant des moyens de détermination d'une orientation et/ou d'une position du support dans le référentiel terrestre pour surveiller la position de la deuxième extrémité E2.

[0161] L'antenne peut comprendre des capteurs permettant de déterminer une
30 courbure de l'antenne de réception. Cette courbure est avantageusement utilisée lors

de la formation de voies. Cela permet de compenser numériquement la déformation de l'antenne.

[0162] Le dispositif sonar est, par exemple, libre dans l'eau de sorte à dériver sous l'effet des courants marins. Cette solution est légère et présente une certaine discrétion par rapport à une menace du fait du caractère imprévisible de la position du dispositif sonar. En variante, le support principal est sensiblement fixe par rapport au référentiel terrestre. Cette solution est plus lourde et coûteuse, elle permet en revanche une certaine maîtrise de la position de l'antenne et est adaptée à la surveillance de zones portuaires dans lesquelles le trafic maritime ne doit pas être perturbé.

[0163] Avantageusement l'antenne est configurée de façon à permettre de détecter des ondes acoustiques présentant une fréquence comprise entre 1kHz à 10kHz.

[0164] Il est à noter que le dispositif sonar comprend une ou plusieurs antennes de réception acoustique.

[0165] Les moyens de traitement et les moyens de commande peuvent comprendre un ou plusieurs circuits électroniques dédiés ou un circuit à usage général. Chaque circuit électronique peut comprendre une machine de calcul reprogrammable (un processeur ou un microcontrôleur par exemple) et/ ou un calculateur exécutant un programme comprenant une séquence d'instructions et/ou une machine de calcul dédiée (par exemple un ensemble de portes logiques comme un FPGA, un DSP ou un ASIC, ou tout autre module matériel).

[0166] Les moyens de traitement TRAIT et les moyens de commande COM peuvent être déportés, c'est-à-dire séparés de l'antenne ou non reliés mécaniquement à l'antenne. Ils sont, par exemple, installés dans une centrale de traitement, disposée à terre ou sur un bâtiment marin (« seagoing vessel » en terminologie anglo-saxonne) pouvant être un bâtiment de surface (« surface ship » en terminologie anglo-saxonne) ou un sous-marin ou sur une bouée indépendante du support principal, et sont reliés en communication, par exemple par satellite, avec l'antenne de réception. En variante, au moins une partie des moyens de traitement et/ou au moins une partie des moyens de commande COM est reliée mécaniquement au dispositif sonar. L'invention se rapporte au dispositif sonar comprenant les moyens de traitement TRAIT et les moyens de commande COM ou à un système sonar comprenant le

dispositif sonar et les moyens de traitement TRAIT et les moyens de commande COM.