

DESCRIPTION

TITRE : PROCEDE DE SURVEILLANCE D'UNE ZONE MARITIME

5 [0001] L'invention se situe dans le domaine des sonars et plus particulièrement de la surveillance de zones maritimes. Elle concerne, plus particulièrement, des systèmes de surveillance de zones sous-marines. Ces systèmes de surveillance comprennent des antennes de réception acoustiques immergées.

[0002] Ces systèmes comprennent, classiquement, un ensemble de dispositifs sonar,
10 par exemple des bouées dérivant en mer, comprenant chacun une des antennes de réception acoustique permettant d'acquérir des mesures acoustiques et des moyens de traitement configurés pour traiter les mesures acoustiques afin de détecter, et classifier des bruiteurs de la zone maritime. Par bruiteur, on entend toute source sonore sous-marine ou de surface.

15 [0003] Un but de l'invention est d'améliorer les performances de détection et/ou de localisation et/ou de classification de ce type de systèmes.

[0004] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de surveillance d'une zone maritime à partir d'un ensemble d'antennes de réception acoustique, les antennes de réception acoustique de l'ensemble comprenant chacune plusieurs transducteurs
20 acoustiques, les antennes de réception étant reconfigurables de sorte à être aptes à être dans plusieurs configurations de réception dans lesquelles elles sont immergées, le procédé comprenant un cycle d'étapes successives suivantes:

- acquérir des mesures acoustiques au moyen de l'ensemble d'antennes de réception acoustique, les antennes de réception de l'ensemble étant chacune dans
25 une configuration de réception,
- détecter un ensemble de bruiteur d'intérêt en formant des voies sonar à partir des mesures acoustiques, chaque bruiteur d'intérêt étant caractérisé par un ensemble d'au moins une caractéristique primaire comprenant une zone de positionnement du bruiteur définie dans un référentiel global commun à tous les bruiteurs d'intérêt,
- 30 et, lorsque l'ensemble de bruiteur d'intérêt comprend au moins un bruiteur d'intérêt :
 - déterminer à partir de l'ensemble d'au moins une caractéristique primaire, un ensemble de configuration optimale comprenant une configuration de réception

optimale pour chaque antenne d'un sous-ensemble des antennes de réception de l'ensemble d'antennes de réception, de façon que chaque antenne de réception du sous-ensemble soient apte à détecter, au cycle suivant, des signaux acoustiques provenant d'un bruiteur d'intérêt de l'ensemble de bruiteur d'intérêt,

- 5 - reconfigurer chaque antenne de réception acoustique du sous-ensemble selon la configuration de réception optimale définie pour cette antenne de réception, le cycle d'étapes de traitement étant répété au moins une fois.

[0005] Avantageusement, l'étape de détermination comprend les étapes suivantes :

- 10 - former des voies sonar à partir de mesures acoustiques acquises par l'ensemble d'antennes de réception acoustiques lors de l'étape d'acquisition,
- à partir des voies formées, détecter, en fonction d'un critère de détection prédéterminé, un ensemble de bruiteurs locaux, chaque bruiteur local de l'ensemble de bruiteur locaux étant caractérisé par un ensemble d'au moins une caractéristique de bruiteur local comprenant une zone de positionnement du bruiteur local dans un
15 repère lié à l'antenne de réception,
- fusionner des bruiteurs locaux afin d'obtenir un ensemble d'au moins un bruiteur d'intérêt, chaque bruiteur d'intérêt étant caractérisé par un ensemble de caractéristique de bruiteur d'intérêt comprenant une zone de positionnement dans un repère global commun à tous les bruiteurs locaux.

- 20 [0006] Avantageusement, le cycle d'étapes comprend une étape de détermination de caractéristiques cinétiques de l'ensemble d'au moins bruiteur d'intérêt.

- [0007] Avantageusement, le cycle d'étapes comprend une étape de classification de l'ensemble d'au moins un bruiteur d'intérêt à partir des caractéristiques cinétiques de l'ensemble d'au moins un bruiteur d'intérêt et à partir de l'ensemble d'au moins une
25 caractéristique primaire.

[0008] Avantageusement, le cycle d'étapes comprend une étape d'estimation d'une évolution de l'ensemble d'au moins un bruiteur d'intérêt à un cycle suivant à partir de l'ensemble d'au moins une caractéristique primaire, des caractéristiques cinétiques et à partir de la classification de l'ensemble d'au moins un bruiteur d'intérêt.

- 30 [0009] Avantageusement, l'étape de détermination de l'ensemble de configuration optimale comprend, lorsque l'ensemble d'au moins un bruiteur d'intérêt comprend plusieurs bruiteurs d'intérêt, une étape de détermination d'un ordre de priorité des

bruiteurs d'intérêt, à partir des caractéristiques des bruiteurs d'intérêt, et une étape de détermination de l'ensemble de configuration optimale à partir de caractéristiques des bruiteurs d'intérêt et à partir de l'ordre de priorité.

[0010] Avantageusement, une première antenne du sous-ensemble est linéaire et
5 comprend un corps allongé depuis une première extrémité jusqu'à une deuxième extrémité, la détermination de la configuration optimale de l'antenne de réception du premier dispositif sonar comprenant la détermination d'un angle de site de la deuxième extrémité et/ou la détermination d'un azimut de la deuxième extrémité dans un repère lié à un support à flottabilité négative relié à la première extrémité de
10 la première antenne de réception, la reconfiguration de la première antenne de réception comprenant le réglage de l'angle de site et/ou de l'azimut.

[0011] Avantageusement, la détermination de l'ensemble de configuration optimale comprend la détermination d'un positionnement relatif des transducteurs acoustiques d'au moins une deuxième antenne de réception du sous-ensemble, la reconfiguration
15 comprenant le réglage du positionnement relatif des transducteurs acoustiques de la deuxième antenne de réception.

[0012] Avantageusement, la détermination de la configuration optimale comprend la détermination d'un d'une immersion d'une troisième antenne du sous-ensemble, le réglage de la configuration du troisième dispositif sonar comprenant le réglage de
20 l'immersion de l'antenne.

[0013] Avantageusement, les antennes de réception sont reconfigurables de façon indépendante.

[0014] L'invention se rapporte également à un système sonar comprenant :
- un ensemble d'antennes de réception acoustique, les antennes de réception
25 comprenant chacune plusieurs transducteurs acoustiques, les antennes de réception de l'ensemble étant reconfigurables de sorte à être aptes à être dans plusieurs configurations de réception, l'ensemble d'antennes étant apte à acquérir des mesures acoustiques,
- des moyens de réglage aptes à reconfigurer les antennes de réception en fonction
30 de l'ensemble de configuration optimale,
- un dispositif de traitement adapté pour exécuter les étapes de détection et de

détermination de l'ensemble de configuration optimale du procédé selon l'invention, le système sonar étant configuré pour mettre en œuvre le procédé selon l'invention.

[0015] Avantageusement, le système sonar comprend un ensemble de dispositifs sonar comprenant un premier dispositif sonar comprenant un support à flottabilité négative et une première antenne de réception acoustique de l'ensemble d'antennes, la première antenne de réception étant linéaire et comprenant un corps allongé 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 étant apte à être dans une pluralité de configurations de réception dans lesquelles le corps de l'antenne et le support sont totalement immergés, le corps d'antenne s'étendant sensiblement verticalement depuis la première extrémité jusqu'à la deuxième extrémité vers le fond marin dans au moins une configuration de réception, le premier dispositif sonar comprenant des moyens de réglage d'orientation permettant de régler, lorsque le premier dispositif sonar est dans la configuration opérationnelle et le support est fixe par rapport au référentiel terrestre, un angle de site et un azimut de la deuxième extrémité dans le repère lié au support centré sur le point de liaison. La première antenne de réception acoustique est une des antennes de l'ensemble.

[0016] Avantageusement, le système comprend des moyens de réglage de positionnement relatif de transducteurs acoustiques d'une deuxième antenne de réception de l'ensemble d'antennes.

[0017] Avantageusement, le système comprend un dispositif de réglage d'une immersion d'une troisième antenne de réception de l'ensemble d'antennes.

[0018] Avantageusement, les antennes de réception sont reconfigurables de façon indépendante.

[0019] 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 :

[0020] [Fig.1] la figure 1 représente schématiquement un système sonar selon l'invention,

[0021] [Fig.2] la figure 2 représente schématiquement les principales étapes du procédé de surveillance selon l'invention,

[0022] [Fig.3] la figure 3 représente schématiquement de façon plus détaillés, les étapes du procédé de surveillance selon l'invention,

[0023] [Fig.4] la figure 4 représente schématiquement une surface conique obtenue à partir de formations de voies à partir de signaux mesurés par une antenne de
5 réception acoustique linéaire,

[0024] [Fig.5] la figure 5 représente schématiquement un dispositif sonar selon un premier mode de réalisation dans deux configurations de réception,

[0025] [Fig.6] la figure 6 représente schématiquement une partie du dispositif sonar selon un deuxième mode de réalisation dans une orientation verticale basse, et deux
10 autres configurations de réception,

[0026] [Fig.7] la figure 7 représente schématiquement un exemple de dispositif de modification de la flottabilité.

[0027] D'une figure à l'autre, les mêmes éléments sont repérés par les mêmes références.

15 [0028] L'invention se rapporte à un procédé de surveillance d'une zone maritime. Le système sonar SYS selon l'invention comprenant une pluralité de dispositifs sonar. Chacun des dispositifs sonar comprend une antenne de réception acoustique reconfigurable. Le procédé de surveillance selon l'invention utilise la possibilité de reconfigurer les antennes de réception acoustique pour améliorer les performances
20 de surveillance de bruiteurs situés dans la zone maritime. Elle permet d'augmenter la zone de couverture spatiale du système sonar.

[0029] L'invention s'applique notamment à la surveillance sous-marine d'installations privées ou militaires, à la surveillance des trafics maritimes de surface et sous-marins, et à l'étude des flux d'animaux sous-marins.

25 [0030] Un exemple de système sonar selon l'invention est représenté en figure 1. Il comprend plusieurs dispositifs sonar DS_k avec $k = 1$ à K où K est le nombre de dispositifs sonar, K étant supérieur à 1. Le nombre entier K est égal à 4 dans la réalisation non limitative de la figure 1.

[0031] Chaque dispositif sonar comprend une antenne de réception acoustique A_k
30 comprenant plusieurs transducteurs acoustiques TA_{kj} avec $j = 1$ à N_k où N_k est le nombre de transducteurs acoustiques TA_{kj} de l'antenne de réception acoustique A_k .

N_k est supérieur à 1. Les antennes comprennent chacune 3 transducteurs dans l'exemple non limitatif de la figure 1.

[0032] 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
5 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.

[0033] Un transducteur acoustique TA_j est, par exemple, un transducteur électro-acoustique, par exemple un hydrophone, transformant une onde acoustique en un
10 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
15 d'acquisition/

[0034] Chaque dispositif sonar comprend, par exemple, une antenne de réception acoustique A_k , un support principal flottant F_k , une ligne de plongée LP_k et un support S_k de flottabilité négative. L'antenne A_k est reliée au support principal flottant F_k (c'est-à-dire à flottabilité positive) via la ligne de plongée LP_k reliant le support S_k au
20 support principal F_k .

[0035] Il est à noter que chaque dispositif sonar comprend une ou plusieurs antennes de réception acoustique.

[0036] Chaque antenne de réception acoustique A_k est apte à être dans différentes configurations de réception de signaux acoustiques dans lesquelles elle est destinée
25 à acquérir des mesures acoustiques. Autrement dit, l'antenne de réception acoustique est reconfigurable. Dans ces configurations de réception, l'antenne de réception acoustique est totalement immergée.

[0037] Chaque configuration de réception de l'antenne A_k est caractérisée par un ensemble d'au moins un paramètre de configuration représentatif d'une position de
30 l'antenne et/ou d'au moins un paramètre de configuration représentatif d'une orientation de l'antenne et/ou d'au moins un paramètre de configuration représentatif d'une caractéristique de réception de l'antenne.

[0038] L'ensemble d'au moins un paramètre de réception comprend, par exemple, un paramètre représentatif d'une fréquence de réception acoustique de l'antenne, comme, par exemple, une disposition relative des transducteurs acoustiques de l'antenne, comme par exemple une distance DI_k entre les transducteurs acoustiques TA_{kj} et TA_{kj+1} adjacents de l'antenne A_k et/ou une fréquence minimale à partir de laquelle l'antenne de réception acoustique est sensible et/ou une fréquence maximale à partir de laquelle l'antenne de réception acoustique est insensible et/ou un seuil de réception comprenant, par exemple, une intensité sonore minimale à partir de laquelle l'antenne de réception acoustique est sensible et/ou une caractéristique de traitement liée à la chaîne de traitement de l'antenne, comme par exemple une caractéristique d'un filtre.

[0039] L'ensemble d'au moins un paramètre de configuration représentatif d'une position de l'antenne comprend, par exemple, une immersion correspondant à la profondeur de l'antenne de réception et/ou une position horizontale de l'antenne de réception dans un référentiel commun à toutes les antennes de réception, comme par exemple le référentiel terrestre.

[0040] L'ensemble d'au moins un paramètre de configuration représentatif d'une orientation de l'antenne de réception dans un référentiel prédéterminé comprend, par exemple un angle de site α_k d'une partie de l'antenne et/ou un azimut β_k de la partie de l'antenne, ces angles étant définis dans un référentiel prédéterminé, par exemple un référentiel lié à un support appartenant au dispositif sonar DS_k .

[0041] Dans le cas de plusieurs paramètres de configuration, ces derniers sont réglables de façon indépendante par des moyens de réglage de paramètres de configuration comprenant des moyens de réglage élémentaires REG_k .

[0042] Ces paramètres sont référencés, en figure 1, uniquement pour l'antenne A_1 pour plus de clarté mais il est clair que, sur cette figure, les antennes sont représentées dans différentes configuration de réception.

[0043] Les moyens de réglage comprennent des moyens de réglage élémentaires REG_k répartis sur les différents dispositifs sonar DS_k .

[0044] Le système sonar selon l'invention comprend également des moyens de traitement et de commande TRC configurés pour :

- traiter des mesures acoustiques J_k avec $k = 1$ à K acquises par les antennes de

réception acoustiques, pour surveiller la zone maritime et, notamment, détecter et localiser des bruiteurs de la zone maritime,

- générer des ordres de reconfiguration OR_k à destination des moyens de réglage pour qu'ils reconfigurent des antennes de l'ensemble en réglant les paramètres des configurations de réception de ces antennes A_k ,
- 5 - et éventuellement, générer des ordres d'acquisition OA_k pour que les antennes de réception acoustiques A_k des dispositifs sonar DS_k acquièrent des mesures acoustiques.

[0045] Les moyens de traitement et de commande TRC sont, par exemple, déportés, c'est-à-dire non compris dans les dispositifs sonar. Ils sont, par exemple, installés dans une centrale de traitement TER, 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, et sont reliés en communication, par exemple par satellite, avec les dispositifs sonar DS_k pour pouvoir recevoir les mesures acoustiques J_k et envoyer les ordres de réglage OR_k et, éventuellement, des ordres d'acquisition OA_k aux dispositifs sonar DS_k . En variante, les moyens de traitement sont, par exemple, répartis sur des dispositifs sonar, c'est-à-dire reliés mécaniquement à des antennes de réception acoustique du système sonar.

[0046] Avantageusement, les antennes sont reconfigurables indépendamment les unes des autres. Cela permet d'obtenir les meilleures performances en termes de détection et de localisation.

[0047] L'invention se rapporte à un procédé de surveillance d'une zone maritime à partir d'un système sonar selon l'invention. Le procédé selon l'invention est mis en œuvre alors que les antennes de réception acoustiques sont totalement immergées et chacune, dans une configuration de réception de l'antenne de réception, définie par un ensemble de caractéristiques de réception.

[0048] Les dispositifs sonar sont, par exemple, libres 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 des positions des dispositifs sonars. En variante, les antennes de réception sont reliées à un support fixe, par exemple au fond marin ou à un bâtiment marin ou à un dispositif de

réglage permettant de régler des positions relatives des antennes de réception dans un plan horizontal sensiblement parallèle à la surface de l'eau par état de mer calme. Cette solution est plus lourde et coûteuse, elle permet en revanche une certaine maîtrise des positions des antennes et est adaptée à la surveillance de zones

5 portuaires dans lesquelles le trafic maritime ne doit pas être perturbé.

[0049] Chaque antenne de réception est destinée à couvrir une zone de couverture spatiale. Des bruits acoustiques générés par des bruiteurs de cette zone de couverture spatiale sont susceptibles d'être mesurés par l'antenne acoustique. Les antennes de réception sont disposées de sorte à couvrir des zones de couverture

10 spatiale respectives dont au moins certaines sont aptes à se recouvrir partiellement. Ainsi, des antennes de réception acoustiques de l'ensemble, dont les zones de couverture spatiale se recouvrent partiellement sont aptes à acquérir des mesures acoustiques provenant de mêmes bruiteurs dans la zone de recouvrement des zones de couverture spatiale ce qui permet d'obtenir des mesures acoustiques

15 complémentaires provenant de mêmes bruiteurs.

[0050] Les étapes du procédé selon l'invention sont représentées en figure 2.

[0051] Il comprend un cycle d'étapes de traitement successives suivantes :

- dans une première étape 100, acquérir des mesures acoustiques par l'ensemble d'antennes de réception acoustiques A_k $k = 1$ à K , les antennes étant chacune dans
- 20 une configuration de réception prédéterminée,
- dans une deuxième étape 200, détecter un nombre NB supérieur ou égal à 0 de bruiteurs d'intérêt B_b ; chaque B_b est caractérisé par un ensemble de caractéristiques de bruiteur d'intérêt comprenant, notamment, une zone de positionnement PO_b du bruiteur d'intérêt B_b définie dans un référentiel global commun à tous les bruiteurs
- 25 d'intérêt B_b , les bruiteurs d'intérêt B_b étant détectés, notamment, en formant des voies sonar à partir des mesures acoustiques J_k ,
- dans une troisième étape 300, déterminer des configurations de réception optimales d'un sous-ensemble d'antennes de réception de l'ensemble d'antennes de réception à partir des caractéristiques des NB bruiteurs d'intérêt B_b avec $b = 1$ à NB,
- 30 NB étant le nombre de bruiteurs d'intérêt détecté, cette étape étant mise en œuvre lorsque le nombre NB de bruiteurs d'intérêt est non nul,

- dans une quatrième étape 400, reconfigurer les antennes de réception du sous-ensemble d'antennes de façon que les antennes du sous-ensemble acquièrent les mesures acoustiques dans ces configurations de réception optimales respectives lors du cycle d'étapes suivant.

5 [0052] Le cycle d'étapes est répété au moins une fois. La répétition du cycle d'étapes est arrêtée lorsqu'un critère d'arrêt est vérifié. Le critère d'arrêt est, par exemple, un critère temporel ou une réception, par les moyens de traitement et de commande TRC d'un ordre d'arrêt. Le critère d'arrêt est, par exemple, respecté lorsque la durée de surveillance a atteint un seuil de durée prédéterminé.

10 [0053] Par conséquent, le procédé selon l'invention utilise la possibilité de reconfigurer les antennes de réception pour optimiser les configurations de réception d'un sous-ensemble d'antennes de réception, de façon que chacune des antennes reconfigurées puisse obtenir des mesures acoustiques issues d'un des bruiteurs détectés. Cela permet d'obtenir, au cycle suivant, à partir des mesures acquises lors
15 du cycle suivant, de nouvelles caractéristiques de ce bruiteur et/ou d'améliorer la précision de caractéristiques de ce bruiteur. Le procédé selon l'invention permet ainsi d'obtenir de meilleures performances de surveillance comme par exemple des performances de détection et/ou de localisation et/ou de classification et/ou de suivi de bruiteurs qu'en utilisant des antennes de réception de configuration de réception
20 fixe ou dont la variation n'est pas maîtrisée.

[0054] Nous allons décrire plus précisément le procédé selon l'invention en référence à la figure 3.

[0055] L'étape 100 d'acquisition consiste à générer, par chaque antenne A_k de l'ensemble d'antennes de réception acoustiques, un jeu de mesures acoustiques J_k ,
25 l'antenne de réception acoustique A_k étant dans une configuration de réception prédéterminée. Chaque jeu de mesures acoustiques J_k comprend un nombre N_k supérieur à 1 de mesures acoustiques élémentaires. Chaque mesure acoustique élémentaire est délivrée par un des transducteurs acoustiques TA_{kj} de l'antenne de réception A_k .

30 [0056] Chaque transducteur acoustique TA_{kj} de l'antenne A_k met en œuvre, à chaque étape d'acquisition, une étape d'acquisition élémentaire lors de laquelle il mesure un

signal acoustique pendant une durée d'acquisition non nulle, l'antenne A_k étant dans une configuration de réception prédéterminée pendant toute la durée d'acquisition.

[0057] Avantageusement, les durées d'acquisition sont les mêmes pour tous les transducteurs acoustiques.

- 5 [0058] Avantageusement, lors d'une même étape d'acquisition, les étapes d'acquisition élémentaires des différents transducteurs d'une même antenne sont mises en œuvre sensiblement simultanément ou simultanément. Autrement dit, elles débutent sensiblement au même instant initial et se terminent sensiblement à un même instant final. Avantageusement, les étapes d'acquisition élémentaires des
- 10 transducteurs acoustiques des différentes antennes de réception d'une même étape d'acquisition sont également mises en œuvre simultanées. Cette simultanéité est, par exemple, gérée par les moyens de traitement et de commande TRC générant des ordres d'acquisition envoyés aux différentes antennes de réception A_k . En variante, cette simultanéité est, par exemple, obtenue par des horloges internes des
- 15 différentes antennes de réception de façon, par exemple, que chaque transducteur acoustique mette en œuvre une étape d'acquisition élémentaire à intervalles de temps réguliers identiques pour tous les transducteurs, pendant une durée d'acquisition identique pour tous les transducteurs.

- [0059] Chaque transducteur acoustique TA_{kj} délivre, lors de chaque étape
- 20 d'acquisition élémentaire, une mesure acoustique M_{kj} représentative d'une intensité acoustique et d'une fréquence acoustique en fonction du temps sur la durée d'acquisition.

- [0060] La mesure acoustique M_{kj} délivrée par un transducteur acoustique comprend, par exemple, plusieurs séries de mesures élémentaires d'intensité réalisées pendant
- 25 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 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
- 30 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 fréquences ou dans des bandes de fréquences distinctes.

[0061] Les mesures acoustiques J_k avec $k = 1$ à K sont transmises aux moyens de traitement et de commande TRC.

- 5 [0062] Ces mesures acoustiques peuvent subir au moins une étape de prétraitement par des moyens élémentaires de prétraitement compris dans les dispositifs sonar avant d'être transmis aux moyens de traitement et de commande TRC et/ou au moins une étape de prétraitement par les moyens de traitement et de commande TRC avant d'être utilisés pour mettre en œuvre l'étape 200. Les étapes de
- 10 prétraitement peuvent, par exemple, comprendre un filtrage, un traitement cohérent pour corrélérer un signal reçu avec un signal émis dans le cas d'un système sonar actif ou une normalisation en vue de la détection des bruiteurs.

- [0063] Le système sonar SYS comprend des moyens de localisation LOC_k avec $k = 1$ à K visibles en figure 1, permettant de localiser chaque antenne sonar dans un
- 15 même référentiel global, par exemple un référentiel terrestre, c'est-à-dire un référentiel lié à la terre, ou un référentiel lié à un des dispositifs sonar ou au dispositif de traitement et de commande TRC, à chaque cycle pendant la durée d'acquisition des transducteurs de l'antenne. Les moyens de localisation sont, par exemple, des moyens de localisation par satellite comprenant des récepteurs LOC_k de signaux
- 20 satellites installés sur les supports flottants. Cet exemple n'est absolument pas limitatif, d'autres moyens de localisation peuvent être utilisés. Des centrales inertielles liées aux supports principaux F_k , peuvent par exemple être prévues.

- [0064] Dans une réalisation, les moyens de traitement et de commande TRC sont configurés pour générer, à chaque cycle, des ordres d'acquisition OA_k envoyés aux
- 25 antennes de réception A_k pour que les transducteurs des antennes de réception acoustiques A_k mettent en œuvre, à chaque étape d'acquisition, l'étape de mesure acoustique pendant une durée d'acquisition. En variante, les antennes sont configurées pour mettre en œuvre les étapes de mesure à intervalles de temps réguliers comme précisé précédemment.

- 30 [0065] L'étape 200, de détection de NB bruiteurs Bb avec $b = 1$ à NB à partir des mesures acoustiques comprend les étapes suivantes décrites ci-après. NB est un nombre de bruiteurs détectés lors de l'étape 200. Ce nombre NB peut être nul. Dans

- une étape 201, on forme des voies sonar à partir de mesures acoustiques acquises lors de l'étape 100. Plus précisément, pour chaque antenne A_k , on forme au moins une voie sonar v à partir du jeu de mesures acoustiques J_k acquises par l'antenne A_k . Une voie sonar est formée en appliquant un jeu de retards électroniques aux
- 5 différents jeux de mesures acoustiques J_k délivrés par les différents transducteurs acoustiques A_k . Les jeux de retards appliqués sont différents pour les différentes voies sonar. Cela permet d'obtenir, pour chaque voie v , un signal acoustique S_{kv} . Le signal acoustique S_{kv} formé par une voie v est représentatif d'une intensité acoustique en fonction de la fréquence acoustique selon la direction d'écoute
- 10 représentative de la voie correspondante. A l'issue de l'étape 201, on obtient un ensemble de signaux acoustiques S_{kv} avec $v = 1$ à V_k où V_k est un nombre entier supérieur ou égal à 1 de voies formées pour l'antenne k . Cet ensemble est, par exemple, sous forme d'une matrice fréquence – directivité de voie comprenant différentes valeurs d'intensité de signaux acoustiques S_k obtenues pour différents
- 15 couples fréquence - directivité de voie.

[0066] Dans une réalisation particulière, on forme plusieurs voies sonar à partir du jeu de mesures acoustiques J_k acquises pour chaque antenne A_k .

[0067] Dans le cas particulier d'une antenne de réception linéaire orientable, on forme des voies en azimut et/ou en élévation (site).

- 20 [0068] Si l'antenne s'étend sensiblement linéairement et sensiblement selon un axe vertical z , on forme des voies uniquement en élévation et si l'antenne s'étend sensiblement linéairement et sensiblement selon un axe horizontal, on forme uniquement des voies en azimut. Si l'antenne est dans une orientation intermédiaire, on forme avantageusement des voies en azimut et en élévation.

- 25 [0069] Dans une étape 202, on détecte, pour chaque antenne de réception A_k , L_k bruiteurs locaux B_{kl} , $l = 1$ à L_k lorsque L_k est non nul et est le nombre de bruiteurs locaux détectés, à partir de la voie ou des voies sonar formées pour l'antenne de réception A_k , en fonction d'un critère de détection prédéterminé. En variante, aucun bruiteur local n'est détecté lors de l'étape 202.

- 30 [0070] Chaque bruiteur local B_{kl} détecté lors de l'étape 202 est caractérisé par un ensemble de caractéristiques CB_{kl} comprenant :
- un signal acoustique SI_{kl} représentatif d'une intensité acoustique en fonction de la

fréquence acoustique défini pour la directivité de voie correspondante,

- une zone de positionnement Z_{kl} dans laquelle est localisé le bruiteur local, la zone de positionnement est définie (positionnée et orientée) dans un repère local lié à l'antenne A_k ,

- 5 - une identification de l'antenne de réception A_k à son origine.

[0071] Une antenne linéaire 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. Il est possible de former différentes voies

- 10 selon des directions de voies (ou directivités de voies) respectives différentes formant des angles différents avec l'axe longitudinal l_k de l'antenne A_k . En revanche, en l'absence de directivité des transducteurs acoustiques, il n'est pas possible de former des voies selon des directions formant des angles différents autour de l'axe longitudinal de l'antenne. Autrement dit, il est possible de déduire des mesures
- 15 acoustiques acquises par l'antenne, une première surface conique C_{kl} d'axe correspondant à l'axe longitudinal l_k de l'antenne A_k , comme visible en figure 4, sur laquelle est localisé le bruiteur local B_{lk} . Autrement dit, il est possible de déduire un angle γ_{kl} formé entre l'axe l_k et une direction passant par le sommet SO et comprenant le bruiteur mais il n'est pas possible d'en déduire la direction dans
- 20 laquelle il se situe autour de l'axe l_k , c'est-à-dire l'angle $\beta\beta_{kl}$ que forme une projection de l'axe t , comprenant le sommet SO et le bruiteur local B_{lk} , avec une direction de référence r_k perpendiculaire à l_k , autour de l'axe l_k . Il y a une ambiguïté sur la position du bruiteur.

[0072] Dans la pratique, la zone de positionnement définie pour un bruiteur local B_{kl}

- 25 détecté à partir d'une voie présentant une direction (ou directivité de voie) formant un angle γ_{kl} avec l'axe longitudinal l_k de l'antenne A_k correspond à un volume local globalement conique d'axe l_k et de sommet SO, comprenant la première surface conique locale C_{kl} et présentant une ouverture angulaire autour de l'angle local γ_{kl} . L'ouverture angulaire diminue avec l'angle γ_{kb} de 0 vers $\pi/2$ car la précision de
- 30 positionnement angulaire, due à la finesse de la voie, augmente dans ce sens.

[0073] La détection 202 des bruiteurs locaux B_{kl} est réalisée à partir des voies formées en fonction d'un critère de détection.

[0074] Le critère de détection peut être prédéterminé ou dépendre d'au moins un paramètre de configuration de réception de l'antenne au cycle en cours et/ou à un cycle antérieur et/ou de voies formées à un cycle antérieur pour la même antenne et/ou de caractéristiques de bruiteurs B_{kl} détectés à un cycle antérieur et/ou de l'antenne de réception au cycle en cours et/ou à un cycle antérieur.

[0075] 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.

[0076] A l'issue de l'étape 202, on obtient un ensemble de bruiteurs locaux B_{kl} pouvant être vide. Chaque bruiteur local est caractérisé par un ensemble de caractéristiques CB_{kl} comprenant la zone de positionnement Z_{kl} dans laquelle est détecté le bruiteur local. La zone de positionnement Z_{kl} est définie dans un repère local lié à l'antenne de réception A_k correspondante. Les zones de couverture spatiale des antennes se recouvrant partiellement, certains bruiteurs locaux détectés par des antennes différentes correspondant à un même bruiteur.

[0077] L'étape 203, est une étape de fusion comprenant une étape 203a de changement de repère des zones de positionnement Z_{kl} des bruiteurs locaux B_{kl} définies dans les référentiels locaux respectifs pour les définir dans le référentiel global et une étape de fusion 203b des bruiteurs locaux B_{kl} respectant un critère de fusion prédéterminé. A l'issue de l'étape 203, on obtient un nombre NB de bruiteurs d'intérêt B_b avec $b = 1$ à NB où NB est le nombre de bruiteurs d'intérêt supérieur ou égal à 1. En variante, le nombre de bruiteurs est nul. L'ensemble de bruiteurs d'intérêt B_b comprend un ensemble d'au moins un bruiteur d'intérêt issu de la fusion de bruiteurs locaux lorsque ces derniers vérifient le critère de fusion et/ou un ensemble d'au moins un bruiteur local (lorsque ce dernier est détecté par une unique antenne).

[0078] Lors de l'étape 203a on détermine une zone de positionnement ZG_{kl} de chaque bruiteur local B_{kl} dans le référentiel global à partir de sa zone de positionnement P_{kl} dans le référentiel local de l'antenne A_k .

[0079] Cette étape est réalisée à partir des valeurs des paramètres des configurations de réception des antennes de réception et à partir des positions des antennes de réception dans le référentiel global, lors de l'étape d'acquisition, et plus particulièrement lors des étapes de mesures élémentaires mises en œuvre par les
5 différents transducteurs acoustiques.

[0080] 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
10 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
15 l'antenne.

[0081] Le procédé peut alors comprendre une étape de détermination de la POD de l'antenne. La POD est, par exemple, 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
20 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.

25 [0082] 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.

[0083] L'étape de fusion 203b consiste à fusionner des bruiteurs locaux B_{kl} , lorsque le
30 nombre de bruiteurs locaux détectés lors de l'étape 203a est supérieur à 1. Cette étape consiste à fusionner les bruiteurs locaux B_{kl} respectant un critère de fusion prédéterminé, à partir des zones de positionnement ZG_{kl} des bruiteurs locaux B_{kl} dans

le référentiel global et à partir des autres caractéristiques des bruiteurs locaux, comme les signaux acoustiques (intensité/fréquence) SI_{kl} associés aux bruiteurs locaux respectifs.

- [0084] Le critère de fusion entre des bruiteurs locaux B_{kl} est un critère de
- 5 concordance spatiale et fréquentielle. Deux bruiteurs locaux sont fusionnés pour former un bruiteur d'intérêt s'il existe une concordance spatiale suffisante de leurs zones de positionnement respectives et éventuellement une concordance fréquentielle suffisante des signaux associés à ces bruiteurs locaux dans une zone de recouvrement des zones de couverture spatiale des antennes.
- 10 [0085] Par exemple, l'étape 203b comprend, pour chaque couple de bruiteurs locaux détectés à partir d'antennes de réception différentes dont les zones de couvertures spatiales respectives se recouvrent au moins partiellement :
- une étape de vérification du respect d'un critère de concordance spatiale entre les deux bruiteurs locaux dans le référentiel global consistant à vérifier s'il y a une
 - 15 intersection entre les zones de positionnement des deux bruiteurs locaux dans une zone de recouvrement des zones de couvertures spatiales des antennes à partir desquels ont été détectés les deux bruiteurs locaux,
 - et si le critère de concordance spatiale est respecté entre ces deux bruiteurs locaux, une éventuelle étape de vérification du respect d'un critère de concordance
 - 20 fréquentielle entre ces bruiteurs locaux.

[0086] L'étape de vérification du critère de concordance spatiale consiste, par exemple, à vérifier si la valeur absolue de la différence entre les fréquences acoustiques des signaux des deux bruiteurs locaux est inférieure ou égale à un seuil de différence de fréquence prédéterminé.

- 25 [0087] Seuls les bruiteurs locaux respectant la concordance spatiale et l'éventuelle concordance fréquentielle sont fusionnés.

[0088] Lors de l'étape 203 b, lorsque des bruiteurs sont fusionnés, on construit également une caractérisation CB_{lb} du bruiteur d'intérêt à partir des caractéristiques de bruiteurs locaux dont est issu le bruiteur d'intérêt B_b .

- 30 [0089] Le bruiteur d'intérêt B_b est caractérisé par un ensemble de caractéristiques primaires CB_b , lorsqu'il est obtenu à partir de la fusion de plusieurs bruiteurs locaux, par :

- un ensemble ESb d'au moins un signal acoustique comprenant le signal acoustique de chaque bruiteur local B_{kl} dont est issu le bruiteur d'intérêt B_b ,
 - une zone de positionnement Zb du bruiteur d'intérêt B_b , définie dans le référentiel global,
- 5 - la liste de chaque antenne de réception à l'origine du bruiteur d'intérêt.

[0090] La zone de positionnement Zb d'un bruiteur d'intérêt B_b issu de la fusion de plusieurs bruiteurs locaux est obtenue en déterminant une à zone de recouvrement des zones de positionnement des bruiteurs locaux dont il est issu.

- 10 [0091] Les caractéristiques primaires des bruiteurs d'intérêt correspondant à des bruiteurs locaux (non fusionnés) restent les caractéristiques des bruiteurs locaux.

[0092] Les étapes suivantes sont mises en œuvre lorsqu'au moins un bruiteur d'intérêt est détecté. Lorsqu'aucun bruiteur d'intérêt n'est détecté, on retourne, par exemple, directement à l'étape d'acquisition sans passer par les étapes suivantes.

- 15 [0093] Le procédé comprend avantageusement, mais non nécessairement, au moins une des étapes suivantes : déterminer 204 des caractéristiques cinétiques des bruiteurs d'intérêt, classer 205 les bruiteurs d'intérêt, estimer 206 une évolution des bruiteurs d'intérêt, une étape de construction 207 d'une synthèse relative aux bruiteurs d'intérêt.

- 20 [0094] Lors de l'étape 204 de détermination des caractéristiques cinétiques CCb des bruiteurs d'intérêt B_b , on calcule, par exemple, une direction de déplacement et/ou une vitesse de chaque bruiteur d'intérêt B_b et/ou une accélération du bruiteur d'intérêt.

[0095] Cette étape est réalisée, pour chaque bruiteur d'intérêt B_b , à partir de l'ensemble de caractéristiques primaires CBb de bruiteur d'intérêt B_b .

- 25 [0096] Cette étape peut être réalisée par une méthode Doppler ou par comparaison au précédent cycle.

- 30 [0097] La méthode Doppler est utilisable pour des bruiteurs d'intérêt obtenus par fusion de bruiteurs locaux détectés par au moins deux antennes de réception acoustiques, c'est-à-dire, détectés à partir de voies formées pour au moins deux antennes de réception acoustiques. Cette méthode est basée sur le décalage en

fréquence des signaux acoustiques des bruiteurs locaux fusionnés par rapport à une fréquence de référence.

- [0098] L'effet « Doppler » nous indique qu'une antenne de réception acoustique ayant acquis, pour le bruiteur local à l'origine du bruiteur d'intérêt, un signal
- 5 présentant un décalage en fréquence positif par rapport à une fréquence de référence prédéterminée, voit le bruiteur se rapprocher d'elle et qu'une antenne de réception acoustique ayant acquis, pour le bruiteur local à l'origine du bruiteur d'intérêt, un signal présentant un décalage en fréquence négative par rapport à la fréquence de référence voit le bruiteur s'éloigner d'elle.
- 10 [0099] La fréquence de référence est normalement la fréquence d'émission du bruiteur d'intérêt immobile par rapport à l'antenne. Toutefois, cette fréquence n'étant pas connue, une fréquence de référence est choisie de façon arbitraire. Il s'agit, par exemple, d'une fréquence d'un signal acoustique d'un bruiteur local à l'origine du bruiteur d'intérêt. Cette fréquence est mesurée par une des antennes de réception
- 15 acoustique. Cette antenne est identifiée dans les caractéristiques du bruiteur d'intérêt.

[0100] L'étape 204 comprend donc :

- une étape de détermination d'une fréquence de référence prise parmi une fréquence d'un signal acoustique d'un des bruiteurs locaux à l'origine du bruiteur d'intérêt,
- 20 - une étape de comparaison de chacune des fréquences des signaux acoustiques des autres bruiteurs locaux à l'origine du bruiteur d'intérêt à la fréquence de référence,
- une étape de détermination de l'orientation et du sens du vecteur vitesse du bruiteur à partir des résultats de ces comparaisons et des positions des antennes de
- 25 réception ayant détecté les bruiteurs locaux à l'origine du bruiteur d'intérêt.

- [0101] La méthode « par comparaison au précédent cycle » consiste, à partir de zones de positionnement d'un bruiteur calculées à deux cycles (cycle en cours et cycle antérieur) dans le référentiel global, à faire un calcul de la vitesse à partir de la distance parcourue entre ces cycles et du temps écoulé entre les étapes
- 30 d'acquisition de ces deux cycles. Cette étape peut être réalisée avant l'étape de classification ou après l'étape de classification en utilisant le résultat de l'étape de

classification du bruiteur d'intérêt et éventuellement à partir d'une synthèse obtenue à un cycle antérieur au cycle en cours.

[0102] L'étape 205 de classification de chaque bruiteur d'intérêt Bb est réalisée à partir des caractéristiques primaires CBb du bruiteur d'intérêt Bb concerné et
5 éventuellement des caractéristiques cinétiques CCb du bruiteur d'intérêt.

[0103] L'étape 205 de classification consiste à associer le bruiteur d'intérêt Bb à un type de bruiteur Tb ou à identifier le bruiteur, le bruiteur étant alors par exemple associé à une identité Ib.

[0104] L'étape 205 de classification du bruiteur d'intérêt Bb est avantageusement
10 mise en œuvre à partir de caractéristiques connues de bruiteurs de différents types connus stockés dans une base de données dite de classification CLAS appartenant au système SYS. 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 d'intérêt est
15 déterminé par une méthode de comparaison classique, par exemple, par corrélation ou par une méthode d'appariement.

[0105] Par exemple, un bruiteur d'intérêt Bb peut être associé à un type de bâtiment marin ou porteur en fonction de sa fréquence acoustique (obtenue à partir de la
20 fréquence du signal acoustique d'au moins un bruiteur local à l'origine du bruiteur d'intérêt) 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 différentes de celles d'un cargo.

[0106] 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
25 positions de l'antenne et du bruiteur acoustique et, éventuellement, d'une caractéristique de réception de l'antenne.

[0107] L'évolution de chaque bruiteur d'intérêt est estimée dans une étape 206, à partir de :

- au moins une des caractéristiques primaires CBb du bruiteur d'intérêt Bb,
- 30 - les caractéristiques cinétiques du bruiteur d'intérêt,
- et éventuellement la classification du bruiteur d'intérêt (type ou identification).

[0108] Cette étape consiste à estimer une évolution du comportement d'un bruiteur d'intérêt Bb à un ou plusieurs cycles suivants. Elle utilise des caractéristiques primaires CBb et les caractéristiques cinétiques CCb du bruiteur d'intérêt Bb, et éventuellement la classification (type Tb ou identité Ib) du bruiteur d'intérêt et/ou
5 éventuellement au moins une caractéristique primaire CBb et/ou une caractéristique cinétique CCb d'un bruiteur du même type ou du bruiteur d'intérêt obtenue lors d'au moins un cycle précédent, pour estimer au moins une caractéristique primaire du bruiteur d'intérêt et/ou au moins une caractéristique cinétique du bruiteur à un ou plusieurs cycles suivants. A l'issu de cette étape on obtient une estimation d'un
10 ensemble de caractéristiques du bruiteur EC1b à au moins un cycle suivant.

[0109] Il est, par exemple, possible d'estimer une position du bruiteur d'intérêt Bb à un cycle suivant à partir de la zone de positionnement Zb du bruiteur d'intérêt Bb calculée au cycle courant, c'est-à-dire au cycle en cours, et de sa vitesse estimée lors de l'étape 204.

15 [0110] Il est possible d'estimer une fréquence et une intensité d'un signal acoustique reçu par une antenne de réception à l'origine de la détection du bruiteur d'intérêt au prochain cycle à partir de la vitesse actuelle du bruiteur d'intérêt de sa position actuelle, de la position actuelle de l'antenne de réception à son origine et éventuellement de sa position à un ou plusieurs cycles précédents. L'estimation de la
20 fréquence peut notamment se baser sur l'effet doppler. Ces calculs sont classiques pour l'homme du métier.

[0111] Le cycle d'étape comprend une étape 207 de synthèse. Cette étape permet de construire, pour chaque bruiteur d'intérêt Bb, une synthèse Sb de ses caractéristiques d'après les entrées suivantes :

- 25
- au moins une caractéristique primaire CBb du bruiteur d'intérêt Bb,
 - une éventuelle caractéristique cinétique CCb du bruiteur d'intérêt Bb,
 - et/ou l'éventuelle classification (Ib ou Tb) de chaque bruiteur d'intérêt Bb,
 - et/ou une éventuelle estimation d'une position de chaque bruiteur d'intérêt au prochain cycle et/ou d'au moins une autre caractéristique, par exemple d'au moins
30 une autre caractéristique primaire du bruiteur d'intérêt.

[0112] La synthèse Sb peut, par exemple, être construite pour être visualisable par un utilisateur. Elle peut représenter des positions (zones de positionnement) de

différents bruiteurs d'intérêt sur une carte tridimensionnelle en associant, à chaque bruiteur d'intérêt, un vecteur vitesse et/ou une éventuelle estimation d'une position du bruiteur d'intérêt au prochain cycle et/ou un type.

5 [0113] Les synthèses déterminées aux différents cycles sont avantageusement stockées dans une base de données des synthèses.

[0114] Le procédé selon l'invention comprend une troisième étape 300, consistant à déterminer des configurations de réception optimales d'antennes de réception d'un sous-ensemble d'antennes de l'ensemble à partir des caractéristiques des bruiteurs B_b avec b = 1 à NB.

10 [0115] Cette étape comprend une étape 301 détermination d'un ordre de priorité de bruiteurs d'intérêt B_b à partir de caractéristiques des bruiteurs d'intérêt ou à partir de la synthèse lorsqu'une synthèse est construite. Cet ordre de priorité est déterminé pour une mission déterminée.

15 [0116] Cette étape consiste à établir un ordre de priorité dit d'intérêt OP, des bruiteurs d'intérêt, à partir d'un ordre de priorité prédéterminé et à partir d'au moins une caractéristique de l'ensemble de caractéristiques CB_{lb} calculées pour chaque bruiteur. Cet ordre de priorité prédéterminé est, par exemple, stocké dans une base de données dite de priorité PRIO.

20 [0117] Cette caractéristique présente, par exemple, un ordre de priorité en fonction du type de bruiteur. L'étape consiste donc à établir un ordre de priorité d'intérêt des bruiteurs d'intérêt en fonction des types des bruiteurs (obtenus lors de l'étape de classification) et de l'ordre de priorité prédéterminé.

25 [0118] Par exemple, dans le cas d'une mission de repérage de narcotrafic, les bruiteurs de type hors-bord seront prioritaires par rapport aux cargos qui seront prioritaires sur les baleines. Un bruiteur prioritaire est, par exemple, un hors-bord se dirigeant vers une zone prédéterminée, par exemple une côte, et/ou présentant une vitesse comprise dans un intervalle de vitesse prédéterminé.

[0119] Pour la priorisation des bruiteurs, différents poids peuvent être associés à différentes caractéristiques de bruiteurs pour prioriser ces bruiteurs.

30 [0120] L'étape 300 comprend ensuite une étape 302 de détermination de configurations de réception optimales d'un sous-ensemble d'antennes de réception à

- partir des caractéristiques des bruiteurs d'intérêt ou à partir de la synthèse, lorsqu'une synthèse est construite, et à partir de l'ordre de priorité d'intérêt des bruiteurs d'intérêt. Elle est aussi réalisée, à partir des paramètres de configuration réglables, des différentes antennes de réception du sous-ensemble. Plus
- 5 précisément, cette étape est réalisée à partir d'ensembles de configurations de réception possibles pour chaque antenne de réception du sous-ensemble. Chaque configuration de réception est définie par un ensemble de valeurs de paramètres de configuration réglables. L'ensemble de configurations de réception possibles d'une antenne correspond à un ensemble de jeux de valeurs possibles des paramètres de
- 10 configuration réglables possibles.
- [0121] Le sous-ensemble d'antennes peut comprendre tout ou partie des antennes de l'ensemble.
- [0122] Le procédé peut comprendre une étape de détermination 302a du sous-ensemble d'antennes de l'ensemble d'antennes à reconfigurer. Ce sous-ensemble
- 15 peut être vide ou comprendre une ou plusieurs antennes. Le sous-ensemble d'antennes à reconfigurer est déterminé à partir d'au moins une caractéristique d'au moins un bruiteur d'intérêt, par exemple le bruiteur d'intérêt présentant la priorité la plus élevée, ou de plusieurs bruiteurs d'intérêt, et éventuellement au moins une autre caractéristique du bruiteur d'intérêt. Le sous-ensemble est également déterminé à
- 20 partir d'au moins une caractéristique technique des antennes de réception de l'ensemble, prise parmi les caractéristiques techniques d'antenne listées précédemment, à partir des configurations actuelles des antennes de réception, à partir des positions des différentes antennes de réception au moment de la mesure.
- [0123] Cette étape 302a peut consister à déterminer, parmi les antennes de
- 25 l'ensemble, les antennes susceptibles de mesurer des signaux acoustiques issus du bruiteur d'intérêt prioritaire ou d'au moins un des bruiteurs d'intérêt de l'ensemble au cycle en cours ou au cycle suivant.
- [0124] Cette étape 302a de détermination du sous-ensemble peut comprendre :
- une étape de sélection d'antennes de réception aptes à mesurer des signaux
- 30 acoustiques présentant des caractéristiques fréquentielle et/ou d'intensité représentatives du bruiteur d'intérêt. En effet, il n'est pas utile de reconfigurer des antennes inaptées à détecter une fréquence émise par le bruiteur d'intérêt. En

d'autres termes seules les antennes de l'ensemble aptes à détecter au moins une partie du signal émis par le bruiteur d'intérêt sont sélectionnées,

- et/ou une étape de sélection, des antennes de réception de l'ensemble dont au moins une des POD possibles comprend une position estimée du bruiteur d'intérêt à un cycle suivant. En effet, il n'est pas utile de reconfigurer des antennes de réception inaptes à détecter le bruiteur d'intérêt au prochain cycle.

[0125] Une antenne est sélectionnée si elle vérifie l'un et/ou l'autre de ces critères de sélection.

- [0126] Ce procédé peut donc comprendre une étape de détermination d'un ensemble de PODs possibles pour chaque antenne de réception à partir d'un ensemble de configurations possibles de l'antenne, c'est-à-dire pour différents ensembles de valeurs des paramètres de configuration de l'antenne.

- [0127] En variante, le procédé ne comprend pas l'étape de sélection du sous-ensemble d'antennes à reconfigurer. Le sous-ensemble d'antennes à reconfigurer est alors l'ensemble d'antennes de réception. Toutefois, cette solution est plus coûteuse en calculs.

- [0128] Le procédé comprend ensuite une étape 302b de détermination, pour chaque antenne de réception du sous-ensemble, d'un jeu optimal de valeurs des paramètres de configuration réglables décrits précédemment. Ce jeu optimal de paramètres définit la configuration optimale de l'antenne de réception considérée afin de suivre le bruiteur d'intérêt au cycle suivant et/ou d'améliorer la précision d'au moins une caractéristique du bruiteur d'intérêt (par exemple, sa zone de positionnement).

[0129] Cette étape comprend par exemple, pour chaque antenne de réception du sous-ensemble, une suite d'étapes suivante :

- vérifier si l'antenne est susceptible de détecter le bruiteur d'intérêt prioritaire au cycle suivant, et,
 - si oui, déterminer une configuration optimale de l'antenne de réception, prise parmi un sous-ensemble de configurations de l'antenne de réception, dans laquelle l'antenne suit le bruiteur d'intérêt au cycle suivant et/ou permet d'améliorer la précision d'au moins une caractéristique du bruiteur d'intérêt (par exemple sur sa zone de positionnement),
 - si non, le bruiteur d'intérêt de priorité suivante devient le bruiteur prioritaire.

[0130] L'étape 302b utilise la POD d'une antenne de réception du sous-ensemble pour déterminer la configuration optimale de cette antenne de réception.

[0131] L'étape de détermination de la configuration optimale consiste, par exemple, à déterminer la configuration de l'antenne dans laquelle l'antenne présente une
5 probabilité maximale de détecter le bruiteur d'intérêt à un ou plusieurs cycles suivant, parmi le sous-ensemble de configurations. Cette étape utilise des PODs de l'antenne déterminées pour un ensemble de configuration de réception l'antenne, une position de l'antenne au cycle courant, une estimation de la position de l'antenne, une
10 position de l'antenne au cycle courant ou à plusieurs cycles, par exemple dans le plan horizontal, et une position du bruiteur d'intérêt au cycle courant et/ou une estimation d'une position du bruiteur à ce ou ces cycles suivants.

[0132] Une base de données BPOD stocke avantageusement des PODs des antennes définies pour différentes configurations possibles de l'antenne.

[0133] La configuration optimale est, par exemple, celle dans laquelle la probabilité
15 de détection du bruiteur d'intérêt, à un cycle suivant ou pendant plusieurs cycles suivants, est maximale. En variante, la configuration optimale est celle dans laquelle la probabilité de détection du bruiteur est non nulle pendant un maximum de cycles suivants. La configuration optimale est, par exemple, déterminée par simulation.

[0134] S'il existe plusieurs configurations d'antenne du sous-ensemble de
20 configurations présentant une même probabilité maximale de détection du bruiteur d'intérêt, alors le bruiteur d'intérêt devient le bruiteur de priorité suivante et le sous-ensemble de configurations contient uniquement les configurations présentant la même probabilité maximale de détection.

[0135] En choisissant une configuration dans laquelle l'antenne de réception
25 présente une probabilité non nulle de détecter le bruiteur d'intérêt en fonction de l'estimation de l'évolution du bruiteur, cela permet d'obtenir des informations sur le bruiteur par l'antenne de réception au cycle suivant et donc d'améliorer la précision sur des caractéristiques du bruiteur d'intérêt et/ou de valider des caractéristiques
30 déterminées au cycle précédent (confirmation de fréquence/classification/positionnement ; et/ou d'améliorer la précision de positionnement et/ou d'obtenir une caractéristique supplémentaire du bruiteur (par exemple la classification) et éventuellement de compléter des caractéristiques

cinétiques du bruiteur d'intérêt en complétant le trajet effectué par le bruiteur d'intérêt pendant les cycles suivants.

[0136] Dans le cas d'une application à la surveillance du narcotrafic, un hors-bord allant vers la côte et se déplaçant uniquement la nuit peut potentiellement être
5 représentatif de la présence de narcotrafic.

[0137] Le sous-ensemble de configurations d'une antenne de réception, parmi lesquelles est déterminée la configuration optimale, comprend par exemple un ensemble de configurations vérifiant un critère de proximité avec la configuration actuelle. En variante, le sous-ensemble de configurations comprend toutes les
10 configurations possibles de l'antenne de réception. Cette dernière solution est plus coûteuse en temps de calcul. Par ailleurs, il peut être long de modifier la configuration de l'antenne si la configuration actuelle et la configuration suivante sont éloignées l'une de l'autre ce qui peut limiter les performances du système en termes de surveillance en allongeant des temps de latence entre les acquisitions de deux
15 cycles consécutifs. Par ailleurs, une modification importante de la configuration de l'antenne peut être coûteuse en énergie.

[0138] L'étape 302 consistant à déterminer, pour chaque antenne de réception, une configuration optimale, utilise avantageusement au moins une caractéristique environnementale prise parmi les paramètres environnementaux listés
20 précédemment.

[0139] De plus, la synthèse déterminée à un cycle est par exemple comparée à un cycle précédent afin de permettre un apprentissage par rapport au dispositif technique (capacité, panne) et stratégique (mission) du système et ainsi améliorer les cycles suivants les synthèses et hypothèses posées lors du procédé (par
25 exemple lors de l'estimation de l'évolution).

[0140] La comparaison peut être un calcul de différence, par exemple entre la position qu'on prévoyait pour un bruiteur contre la position affinée obtenue au cycle suivant. S'il y a une trop grande différence cela peut être due à :

- une mauvaise anticipation dû à des hypothèses posées fausses (exemple : vitesses
30 du bruiteur ou direction) car manque d'information sur ce bruiteur ;
- un dysfonctionnement d'une antenne par exemple qui ne détecte donc pas bien le bruiteur.

[0141] L'étape 400 de reconfiguration est ensuite mise en œuvre par les moyens de réglage REG_k de façon que lors de la mise en œuvre suivante du cycle d'étapes les antennes du sous-ensemble acquièrent des mesures acoustiques dans ces configurations de réception optimales lors du cycle d'étapes suivant. Autrement dit, chacune des antennes de réception du sous-ensemble est dans sa configuration de réception optimale lors de l'étape d'acquisition du cycle suivant.

[0142] Les synthèses déterminées lors des différents cycles sont, par exemple transmises à un opérateur, pour l'aider à la décision, ou utilisées par les moyens de traitement et de commande TRC pour construire une synthèse globale du comportement du bruiteur d'intérêt sur plusieurs cycles et éventuellement déclencher un alarme en cas de détection d'un comportement suspicieux d'un bruiteur d'intérêt.

[0143] Le système selon l'invention constitue un système autonome de surveillance sonar permanent ou semi-permanent reconfigurable pour améliorer ses capacités de détection, localisation d'éventuelle classification et/ou de suivi dans une zone maritime donnée où est disposé l'ensemble d'antennes de réception indépendantes.

[0144] Un exemple de dispositif sonar comprenant une des antennes de réception acoustiques reconfigurables est représenté en figure 5.

[0145] 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.

[0146] L'antenne A étant une des antennes A_k comprend une pluralité de transducteurs acoustiques TA_j , $j = 1$ à N où N est un entier supérieur à 1 correspondant aux transducteurs acoustiques TA_{kj} .

[0147] L'antenne A comprend un corps d'antenne C intégrant les transducteurs acoustiques TA_j de l'antenne A_k . Le corps d'antenne C est un corps allongé, s'étendant longitudinalement, depuis une première extrémité E1 jusqu'à une deuxième extrémité E2.

[0148] Le corps d'antenne C est relié au support S.

[0149] Comme visible en figure 5, l'antenne A est linéaire. Elle comprend une pluralité de transducteurs acoustiques répartis le long d'une ligne de transducteurs

susceptible d'être droite, c'est-à-dire rectiligne. Le corps d'antenne C est allongé selon la ligne de transducteurs.

[0150] Les transducteurs acoustiques TA_j sont disposés à différentes abscisses curvilignes selon la ligne de transducteurs d. L'antenne de la réalisation de la figure 1
5 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.

[0151] Dans la réalisation non limitative de la figure 5, cette ligne de transducteurs
10 est une droite d.

[0152] Le corps allongé C est relié par la première extrémité E1 au support S et, plus particulièrement, à un point de liaison fixe par rapport au support PL.

[0153] Dans la réalisation non limitative de la figure 5, l'antenne est en liaison rotule avec le support S. Ainsi, la première extrémité longitudinale E1 est fixe en translation
15 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.

[0154] La deuxième extrémité E2 du corps d'antenne C est libre.

[0155] 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
20 configuration de réception. Le dispositif sonar D selon l'invention est apte à être dans plusieurs configurations de réception.

[0156] Dans chaque configuration de réception, telle que représentée en figure 5, le corps de l'antenne C et le support S sont totalement immergés et l'antenne est dans une configuration de réception.

[0157] Dans le cas non limitatif du dispositif de la figure 5, le flotteur F flotte à la
25 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.

[0158] L'antenne de réception acoustique est reliée 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.

5 [0159] L'antenne est susceptible d'être dans une orientation verticale basse OVB visible en figure 5, dans laquelle le corps d'antenne C est suspendu au support S et s'étend sensiblement verticalement depuis la première extrémité E1 jusqu'à la deuxième extrémité E2 vers le fond marin.

10 [0160] Le corps d'antenne C est configuré et relié au point de liaison PL de façon que la 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 angle de site et un azimut de la deuxième extrémité E2 dans un repère orthogonal ($r ; x_1 ; z$) lié au support S et centré sur le point de liaison PL soient variables.

[0161] Chaque configuration de réception de l'antenne est caractérisée par un angle de site et un azimut (lorsqu'il existe).

15 [0162] Le dispositif sonar D selon l'invention comprend également des moyens de 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
20 D est dans une configuration de réception ou l'antenne est dans une configuration de réception et le support S est fixe par rapport au 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
25 une position fixe dans le référentiel terrestre.

[0163] Les moyens de réglage de l'orientation permettant d'assurer ce réglage lorsque le dispositif sonar D est dans une configuration de réception et le support S est fixe par rapport au référentiel terrestre.

30 [0164] Cela permet de modifier une orientation de l'antenne dans un repère lié au support S, c'est-à-dire 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.

[0165] 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
5 horizontal de référence r de ce repère et la droite reliant le point de liaison PL à 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.

[0166] Les moyens de réglage d'orientation, appartenant aux moyens de réglage élémentaires REG_k , comprennent des moyens d'entraînement ENT permettant,
10 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 directions du repère lié au support. Ces moyens d'entraînement ENT permettent de déplacer la deuxième extrémité E2 par rapport au support S de façon à faire varier son angle de site et son azimut dans le repère lié au support. Ce déplacement de la deuxième extrémité E2
15 par rapport au support entraîne un déplacement de la deuxième extrémité E2 par rapport à la première extrémité E1.

[0167] 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
20 orientation verticale basse OVB jusqu'à une orientation inclinée OI, telle que représentée en traits pointillés en figure 5. Dans l'orientation verticale basse OVB, la deuxième extrémité présente un angle de site α_1 de $-\pi/2$, l'azimut n'étant pas défini, c'est-à-dire n'existe pas, pour cet angle de site.

[0168] L'azimut existe et est réglable lorsque l'angle de site est différent de $-\pi/2$ ou
25 $\pi/2$.

[0169] Dans l'orientation inclinée de la figure 5, la deuxième extrémité présente un angle de site α_2 négatif et supérieur à $-\pi/2$ et un azimut β_2 .

[0170] 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
30 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 $\pi/2$.

[0171] 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 $\pi/2$.

5 [0172] 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 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.

10 [0173] L'antenne A du dispositif sonar D selon l'invention est ainsi orientable dynamiquement dans l'espace, même si le support S est fixe.

[0174] Le réglage possible de l'angle de site et de l'angle d'élévation de la deuxième extrémité E2 permet une reconfiguration de l'antenne A en fonction des caractéristiques des bruiteurs d'intérêt, ce qui permet d'améliorer les capacités de
15 détection, de localisation et de classification du système sonar selon l'invention. Il est, par exemple, possible d'améliorer la précision de positionnement du bruiteur d'intérêt en modifiant l'orientation de l'antenne pour le cycle suivant et donc la surface conique C1, lors du cycle suivant, ce qui permet d'améliorer la précision de la zone de positionnement d'un bruiteur d'intérêt détecté à un cycle précédent par la même
20 antenne ou par une autre antenne. Cette capacité de réorientation permet également de modifier l'orientation de l'antenne pour le cycle suivant, en fonction du déplacement du bruiteur d'intérêt pour le suivre au cycle suivant.

[0175] Le système selon l'invention permet d'obtenir des bonnes performances en termes de détection, localisation, classification et suivi de bruiteurs d'intérêt à partir
25 de dispositifs sonar présentant une antenne linéaire de géométrie simple et économique en termes de transducteurs acoustiques. Il n'est pas nécessaire de prévoir des transducteurs acoustiques directifs permettant la levée d'ambiguïté.

[0176] Le dispositif sonar selon l'invention est apte à être mis en œuvre à partir d'un support statique. Il ne nécessite pas le remorquage de l'antenne par un bâtiment
30 marin ce qui le rend économique et susceptible d'être utilisé dans une zone de taille limitée. Il est par ailleurs discret.

[0177] Par ailleurs, ce dispositif sonar est facilement déployable depuis un seul point d'attache (bouée).

[0178] Dans la réalisation particulière de la figure 5, la ligne de transducteur d est une droite. L'antenne est configurée pour que la ligne de transducteurs présente cette
5 forme linéaire en configuration de réception, quelle que soit la position de l'extrémité E2. E2.

[0179] Autrement dit, les moyens d'entraînement ENT permettent, comme représenté en figure 5, 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
10 rapport à un plan vertical lié au support S et contenant l'axe r.

[0180] Dans une variante représentée en figure 6, l'antenne AA diffère de l'antenne de la figure 5 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
15 S. Cela est permis par la flexibilité du corps d'antenne CC.

[0181] Les transducteurs acoustiques sont disposés à différentes abscisses curvilignes selon la ligne de transducteurs. L'antenne de la réalisation de la figure 6 comprend un unique transducteur acoustique à chaque abscisse curviligne. En variante, l'antenne comprend plusieurs transducteurs acoustiques à chaque abscisse
20 curviligne, les transducteurs acoustiques étant répartis autour d'une ligne de transducteurs.

[0182] L'antenne AA est, par exemple, configurée pour s'étendre en ligne droite sensiblement verticale dans l'orientation verticale basse OVB représentée en figure 6 à gauche et à être courbe dans des configurations inclinées telles que représentées
25 en figures 6 au milieu et à droite. L'antenne subit une flexion lorsque les moyens d'entraînement ENT éloignent la deuxième extrémité E2 de sa position d'équilibre représentée en figure 6 à gauche.

[0183] 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
30 demi ellipsoïde comme représenté en figure 6.

[0184] L'antenne A peut être reliée au support S par une liaison rotule comme représenté en figure 5.

[0185] 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.

5 [0186] 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 se déformer sous l'effet du déplacement de la deuxième extrémité E2 par les moyens d'entraînement ENT par rapport à sa position d'équilibre.

10 [0187] 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.

[0188] Les moyens d'entraînement ENT comprennent, par exemple, comme représenté en figure 5, 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
15 préférence, mais pas nécessairement, selon un axe vertical z.

[0189] 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 trois directions orthogonales, lorsque le support est fixe dans le référentiel terrestre.

20 [0190] Avantagusement, 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 et donc de limiter l'énergie consommée. Par ailleurs, le fait de ne pas avoir à utiliser
25 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 ENT.

[0191] A cet effet, les moyens d'entraînement ENT sont configurés pour permettre de maintenir l'angle de site constant sur toute la plage d'angle de site s'étendant depuis
30 l'angle de site minimal jusqu'à l'angle de site maximal.

[0192] 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.

5 [0193] 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.

[0194] Avantageusement, le corps d'antenne C peut présenter une flottabilité neutre.
10 En variante, le corps d'antenne présente une flottabilité négative ou positive.

[0195] Comme représenté en figure 7, 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 commandables permettant de faire varier cette masse ou ce volume.

15 [0196] 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 BOIT contenant le liquide L et communiquant fluidiquement avec le milieu marin extérieur par un orifice OR. Le
20 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
25 ce qui modifie la flottabilité du ballast BAL entraine également la modification du volume occupé par le gaz G dans le premier compartiment CE1.

[0197] 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
30 également avantageuse du point de vue de la maîtrise de la forme de l'antenne lors de son déplacement et permet d'obtenir une évolution continue du rayon de courbure de l'antenne sur toute sa longueur.

[0198] En variante, les moyens d'entraînement ENT sont disposés entre les extrémités E1 et E2 ou bien répartis le long de l'antenne.

[0199] Dans les exemples précédents, les moyens d'entraînement ENT sont montés sur l'antenne.

5 [0200] En variante, les moyens d'entraînement ENT comprennent, par exemple, un câble de longueur réglable reliés 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 l'azimut de la deuxième extrémité E2.

10 [0201] En variante, le dispositif sonar comprend des moyens d'entraînement ENT comprenant 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.

[0202] Avantageusement, le dispositif sonar comprend des moyens de réglage
15 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 sont alors compris dans les moyens de réglage élémentaires du dispositif sonar. Les moyens de réglage d'immersion, permettent, lorsque 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
20 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
25 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.

[0203] 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 LP et
30 donc la profondeur du support S. Le treuil T peut être intégré au flotteur F comme en figure 5 ou au support S.

[0204] 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

5 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

10 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

15 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

20 varier l'espacement entre les transducteurs. D'autres solutions sont bien entendu envisageables. Les moyens de réglage d'immersion sont alors compris dans les moyens de réglage élémentaires.

[0205] Ainsi, dans la réalisation particulière des figures 5 et 6, chaque configuration de réception de l'antenne de réception est caractérisée par un ensemble de

25 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 élémentaires.

[0206] Les moyens de réglage élémentaires associés à l'antenne A_k d'un dispositif sonar tel que décrit précédemment comprennent donc les moyens de réglage de l'orientation de l'antenne, le dispositif de réglage de positionnement et les moyens de

30 réglage de l'immersion.

[0207] Le système sonar selon l'invention peut comprendre une pluralité de dispositifs sonar à antenne de réception reconfigurable, tels que représentés en figure 5.

5 [0208] De façon plus générale, le système sonar selon l'invention comprend une pluralité de dispositifs sonar à antenne de réception acoustique reconfigurable comprenant chacune au moins un paramètre de configuration réglage pris parmi : une immersion (profondeur) de l'antenne de réception et/ou un angle de site de la deuxième extrémité réglable, et/ou un azimut de la deuxième extrémité réglable, et/ou un positionnement relatif entre les transducteurs réglable lorsque l'orientation et
10 l'immersion de l'antenne sont fixes, et les moyens de réglage associés.

[0209] Dans la réalisation de la figure 5, l'antenne est linéaire. En variante, l'antenne est une antenne à deux dimensions, les transducteurs étant répartis dans un plan, ou à trois dimensions, les transducteurs étant répartis sur trois dimensions.

15 [0210] Le système sonar comprend des dispositifs sonar comprenant au moins une antenne de détection acoustique linéaire et/ou au moins une antenne de détection acoustique à deux dimensions et/ou au moins une antenne de détection acoustique à trois dimensions.

[0211] En figure 5, le flotteur F ou support principal est situé au-dessus du support S selon un axe vertical.

20 [0212] En variante, le support principal 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 opérationnelle.

25 [0213] La bouée pour être sensiblement fixe par rapport au référentiel terrestre ou être libre en mer.

[0214] De façon plus générale, le système sonar selon l'invention comprend une pluralité de dispositifs sonar comprenant chacun une antenne reliée à un support principal. Les supports principaux sont, par exemple, des bouées libres en mer ou des bouées sensiblement fixes par rapport à la terre ou de type hélicoptère (les
30 dispositifs sonar sont alors des sonars trempés). Le système peut comprendre des dispositifs sonar des différents types listés précédemment.

[0215] Le système sonar selon l'invention est par exemple passif, ce qui lui confère une certaine discrétion et une certaine autonomie en énergie ce qui permet de réaliser une surveillance à long terme, ou actif, il présente alors une portée plus importante mais est alors plus coûteux et plus consommateur d'énergie.

5 [0216] Avantageusement, le système sonar comprend des moyens de détermination 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)
10 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 la détection de bruiteurs d'intérêt (changement de référentiel et/ou fusion) et/ou lors de la détermination des configurations optimales.

15 [0217] Avantageusement, mais non nécessairement, les moyens de réglage de l'orientation de l'antenne comprennent des moyens de surveillance de la position de 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
20 d'une orientation et/ou d'une position du support dans le référentiel terrestre pour surveiller la position de la deuxième extrémité E2.

[0218] L'antenne peut comprendre des capteurs permettant de déterminer une courbure de l'antenne de réception. Cette courbure est avantageusement utilisée lors de la formation de voies. Cela permet de compenser numériquement la déformation
25 de l'antenne.

[0219] Avantageusement, les antennes de réception sont configurées de façon à permettre de détecter des ondes acoustiques présentant une fréquence comprise entre 1kHz à 10kHz.

[0220] Les moyens de traitement et de commande TRC et les moyens de commande
30 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).