

**PROCEDE D'AIDE AU GUIDAGE D'UN BATIMENT DE SURFACE DESTINE A
REMORQUER UN DISPOSITIF SOUS-MARIN PAR L'INTERMEDIAIRE D'UN
CABLE**

5 **DESCRIPTION**

Domaine technique

[0001] L'invention concerne de manière générale le domaine du guidage de bâtiment de surface, et en particulier d'un de bâtiment de surface tractant un corps immergé, ou dispositif sous-marin, via un câble.

[0002] Le dispositif sous-marin peut typiquement comprendre un sonar à immersion variable, destiné à effectuer des mesures de détection sous-marines, ou bien tout autre appareil fonctionnant en immersion.

[0003] Lorsqu'un bâtiment de surface, tel qu'un navire, remorque un dispositif sous-marin à une certaine vitesse, celui-ci a tendance à remonter vers la surface. Un tel cas se produit en particulier lorsque le câble tracteur n'est pas caréné. Le câble peut alors être bien plus long que la profondeur d'immersion du dispositif sous-marin et que la profondeur d'eau.

[0004] Dans un tel cas, la profondeur exacte du dispositif sous-marin ne peut pas être déterminée avec certitude. Le câble tracteur peut adopter un profil en forme de « S allongé », mais de nombreux autres profils sont possibles.

[0005] En général, en régime de giration, le dispositif sous-marin a tendance à descendre et à se rapprocher du fond, ce qui constitue un danger pour le dispositif sous-marin. A vitesse élevée, le dispositif sous-marin commence par perdre de l'altitude avant de remonter légèrement.

[0006] Par conséquent, pour atteindre une certaine profondeur d'immersion, il est nécessaire de toujours prévoir une marge importante lors du déroulement du câble tracteur.

[0007] Pour autant, il est essentiel que le dispositif sous-marin n'entre pas en collision avec le fond, ce qui risquerait de l'endommager.

[0008] Actuellement, des solutions connues sont utilisées à partir d'abaques mais requièrent de se donner de nombreuses marges. Ces abaques indiquent la profondeur du dispositif sous-marin en fonction de la longueur de câble déroulé, pour différentes vitesses du bâtiment de surface.

- 5 [0009] Une telle approche offre peu de flexibilité et est relativement lourde à mettre en œuvre, ce qui peut induire des risques si les paramètres de navigation évoluent rapidement.

[0010] Par ailleurs, l'application de nombreuses marges vient interdire la navigation du bâtiment de surface avec l'engin remorqué dans des zones qui pourtant ne
10 présentent pas de risques de collision avec le fond.

[0011] Une autre solution connue, décrite dans le document JP2005193767A, propose un dispositif de commande de la profondeur d'un dispositif sous-marin, qui calcule la valeur d'une fonction de limite d'altitude supérieure, et la valeur d'une fonction de limite d'altitude inférieure, obtenues en ajoutant des marges aux données
15 topographiques.

[0012] Une intersection potentielle avec un obstacle est calculée à l'aide de la valeur de la fonction de limite d'altitude supérieure, et de la valeur de la fonction de limite d'altitude inférieure, et la profondeur du dispositif sous-marin est corrigée en cas de détection d'intersection potentielle.

- 20 [0013] Cependant, un tel dispositif fait appel à une base de données de caractéristiques en réponse du dispositif sous-marin, qui correspond aux abaques précédemment mentionnés, et qui est donc peu flexible.

[0014] Il existe ainsi un besoin pour des procédés et des systèmes d'aide au guidage améliorés.

25

Résumé de l'invention

[0015] L'invention vise à remédier aux inconvénients précités, en proposant un procédé flexible et simple d'utilisation.

- 30 [0016] Un objet de l'invention est donc un procédé d'aide au guidage d'un bâtiment de surface destiné à remorquer un dispositif sous-marin par l'intermédiaire d'un câble tracteur, le procédé comprenant :

- a) une discrétisation du secteur géographique autour du bâtiment de surface en une pluralité de zones, chaque zone étant classée selon un degré d'accessibilité parmi un ensemble de degrés d'accessibilité, en fonction de la bathymétrie du secteur géographique et de paramètres courants de navigation du bâtiment de surface
- 5 comprenant la longueur du câble tracteur ;
- b) un calcul d'un ensemble de trajectoires candidates du bâtiment de surface dans ledit secteur géographique, chaque trajectoire candidate correspondant à un taux de giration différent à partir de la position courante du bâtiment de surface ;
- c) un classement de chaque trajectoire candidate en fonction du degré d'accessibilité
- 10 de la zone du secteur géographique traversée par la trajectoire possible, et en fonction de la faisabilité d'une ou plusieurs actions prédéfinies sur ladite trajectoire candidate ;
- d) une génération d'un affichage des zones et des trajectoires candidates sur une interface homme machine, en fonction de leur classement et/ou une transmission de
- 15 consignes relatives auxdites actions.
- [0017] Avantageusement, chaque zone a une profondeur minimale margée, ladite profondeur minimale margée de chaque zone étant calculée à partir de la profondeur minimale de toutes les zones situées dans un rayon prédéfini autour de ladite zone, et le dispositif sous-marin a une profondeur courante et dans lequel l'ensemble de
- 20 degrés d'accessibilité comprend :
- un premier degré d'accessibilité si la profondeur minimale margée de la zone est supérieure ou égale à la somme entre une marge de protection verticale du dispositif sous-marin et la profondeur courante du dispositif sous-marin, ladite profondeur courante du dispositif sous-marin étant calculée en fonction de la longueur filée du
 - 25 câble tracteur et de la vitesse du bâtiment de surface ;
 - un deuxième degré d'accessibilité si la profondeur minimale margée de la zone est strictement inférieure à ladite somme entre la marge de protection verticale du dispositif sous-marin et la profondeur courante du dispositif sous-marin, et si la profondeur minimale margée de la zone est supérieure ou égale à la marge de
 - 30 protection du dispositif sous-marin ;
 - un troisième degré d'accessibilité si la profondeur minimale margée de la zone est strictement inférieure à la marge de protection verticale du dispositif sous-marin.
- [0018] Avantageusement, un premier paramètre d'apparence de zone, un deuxième paramètre d'apparence de zone et un troisième paramètre d'apparence de zone sont

respectivement attribués au premier degré d'accessibilité, au deuxième degré d'accessibilité et au troisième degré d'accessibilité.

[0019]Avantageusement, le premier paramètre d'apparence de zone, le deuxième paramètre d'apparence de zone et le troisième paramètre d'apparence de zone
5 correspondent à des couleurs différentes.

[0020]Avantageusement, chaque trajectoire candidate est échantillonnée en une pluralité de points équidistants, et dans lequel, à chaque point, à partir du premier point de la trajectoire candidate, est attribué :

- un premier paramètre d'apparence de trajectoire si ledit premier paramètre
10 d'apparence de trajectoire a été attribué au point précédent et si la profondeur estimée du dispositif sous-marin est inférieure à la somme de la profondeur minimale margée de la zone et de la marge de protection verticale du dispositif sous-marin, la profondeur estimée du dispositif sous-marin étant calculée en fonction de la longueur filée du câble tracteur, de la vitesse du bâtiment de surface et du taux de giration
15 correspondant à la trajectoire candidate sur laquelle se trouve le point ;
 - un deuxième paramètre d'apparence de trajectoire si la profondeur estimée corrigée du dispositif sous-marin est inférieure à la somme de la profondeur minimale margée et de la marge de protection verticale du dispositif sous-marin, la profondeur estimée corrigée du dispositif sous-marin étant calculée en fonction de la longueur
20 filée du câble tracteur, de la vitesse du bâtiment de surface, du taux de giration correspondant à la trajectoire candidate sur laquelle se trouve le point, et de l'une ou plusieurs actions prédéfinies sur ladite trajectoire candidate, le deuxième paramètre d'apparence de trajectoire étant en outre également attribué aux points suivants de la trajectoire candidate ;
 - un troisième paramètre d'apparence de trajectoire si la giration de la trajectoire candidate est impossible compte tenu de la longueur du câble tracteur, ou si la giration est impossible compte tenu de la vitesse du bâtiment de surface, le troisième paramètre d'apparence de trajectoire étant en outre également attribué aux points
25 suivants de la trajectoire candidate.
- 30 [0021]Avantageusement, le premier paramètre d'apparence de trajectoire, le deuxième paramètre d'apparence de trajectoire et le troisième paramètre d'apparence de trajectoire correspondent à des couleurs différentes.

[0022] Avantageusement, le procédé comprend en outre une étape de correction de la marge de protection verticale du dispositif sous-marin, et/ou une étape de correction du rayon prédéfini utilisé dans le calcul de la profondeur minimale margée.

[0023] Avantageusement, lesdites actions prédéfinies comprennent une action de remontée du dispositif sous-marin et/ou une action d'accélération du bâtiment de surface.

[0024] Avantageusement, la faisabilité d'une ou plusieurs actions prédéfinies sur ladite trajectoire candidate est calculée en tenant compte du délai de réalisation de l'action avant l'arrivée du bâtiment de surface dans une zone classée selon un degré d'accessibilité différent de la zone correspondant à la position courante du bâtiment de surface.

[0025] Avantageusement, l'étape de génération d'un affichage de chaque trajectoire possible comprend une génération d'un affichage de la trajectoire sous la forme d'un arc de cercle passant par un point représentant le bâtiment de surface, ou sous la forme d'un segment aligné avec le point représentant le cap du bâtiment de surface.

[0026] Avantageusement, les étapes a) à d) sont répétées périodiquement.

[0027] Avantageusement, le procédé comprend en réponse à la sélection, par l'utilisateur, d'un des points situés sur la représentation d'une des trajectoires candidates générées sur l'interface homme machine, une étape de simulation des étapes a) à d), en considérant que le bâtiment de surface est fictivement positionné au niveau dudit point.

[0028] L'invention se rapporte également à un produit programme d'ordinateur, comportant des instructions pour l'exécution du procédé prédéfini lorsque le programme est exécuté par un processeur.

[0029] L'invention se rapporte également à un système d'aide au guidage d'un bâtiment de surface destiné à remorquer un dispositif sous-marin par l'intermédiaire d'un câble tracteur, le système comprenant :

- un dispositif de calcul comprenant :
 - une unité de discrétisation, configurée pour discrétiser le secteur géographique autour du bâtiment de surface en une pluralité de zones, chaque zone étant classée selon un degré d'accessibilité parmi un ensemble de degrés d'accessibilité, en fonction de paramètres courants de navigation du bâtiment de surface comprenant la longueur du câble tracteur ;

- une première unité de calcul, configurée pour calculer un ensemble de trajectoires candidates du bâtiment de surface dans ledit secteur géographique, chaque trajectoire candidate correspondant à un taux de giration différent à partir de la position actuelle du bâtiment de surface ;
- 5 -- une unité de classification, configurée pour classer chaque trajectoire candidate en fonction du degré d'accessibilité de la zone du secteur géographique traversée par la trajectoire possible, et en fonction de la faisabilité d'une ou plusieurs actions prédéfinies sur ladite trajectoire candidate ;
- une interface homme machine configurée pour générer un affichage des zones et
- 10 des trajectoires candidates en fonction de leur classement et/ou pour transmettre les consignes relatives auxdites actions.
- [0030] Avantageusement, le dispositif sous-marin comprend un sonar.

Description des figures

- 15 [0031] D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description faite en référence aux dessins annexés donnés à titre d'exemple.
- [0032] La figure 1 illustre un bâtiment de surface remorquant un dispositif sous-marin.
- 20 [0033] La figure 2 illustre un organigramme représentant le procédé d'aide au guidage de l'invention.
- [0034] La figure 3 illustre une étape de discrétisation du secteur géographique autour du bâtiment de surface en une pluralité de zones.
- [0035] La figure 4 est un schéma représentant un exemple d'affichage des zones et
- 25 des trajectoires possibles sur une interface homme machine.
- [0036] La figure 5 illustre une étape de calcul d'un ensemble de trajectoires candidates, ainsi qu'une étape de classement des différentes trajectoires possibles.
- [0037] La figure 6 est un schéma d'une architecture informatique mettant en œuvre le procédé, selon des modes de réalisation de l'invention.

30

Description détaillée

[0038] La figure 1 représente un exemple de bâtiment de surface 10 tractant un dispositif sous-marin 11.

[0039] Dans des modes de réalisation, le dispositif sous-marin 11 est un sonar actif comprenant une antenne d'émission acoustique 12, encore appelée « poisson » et
5 une antenne de réception acoustique 13, encore appelée « flûte ».

[0040] Le bâtiment de surface 10 comprend au moins un câble tracteur 14 configuré pour tracter les deux antennes 12 et 13. Le câble tracteur 14 assure également l'acheminement de signaux et d'alimentations entre le bâtiment de surface 10 et les antennes 12 et 13 du sonar.

10 [0041] Dans un des modes de réalisation, le bâtiment de surface 10 peut comprendre deux câbles tracteurs distincts connectés directement au bâtiment de surface 10 (mode dit indépendant). Dans un autre mode dit dépendant, le premier câble, connecté au bâtiment de surface 10 est configuré pour tracter le poisson 12, et le deuxième câble est configuré pour tracter la flûte 13, le deuxième câble tractant la
15 flûte étant alors fixé au poisson 12.

[0042] Pour faciliter la compréhension de l'invention, la description qui suit de modes de réalisation de l'invention sera faite principalement en référence à un câble tracteur unique 14, à titre d'exemple non limitatif. Le procédé peut être généralisé à un bâtiment de surface 10 comprenant une pluralité de câbles tracteurs.

20 [0043] Les antennes 12 et 13 peuvent être mécaniquement arrimées et connectées électriquement et/ou optiquement au câble tracteur 14 de manière appropriée. L'antenne de réception 13 est formée d'une antenne linéaire de forme tubulaire (d'où son nom de « flûte »), tandis que l'antenne d'émission 12 est intégrée dans une structure volumique ayant une forme s'apparentant à celle d'un poisson (d'où le nom
25 de « poisson »).

[0044] La flûte de réception 13 peut être disposée à l'arrière, au niveau de l'extrémité du câble 14, tandis que le poisson 12 est positionné sur la partie du câble 14 la plus proche du bâtiment de surface 10.

[0045] Le dispositif sous-marin 11 peut être utilisé pour effectuer des missions
30 acoustiques sous-marines.

[0046] Durant une mission d'acoustique sous-marine, l'antenne 12 est configurée pour émettre des ondes sonores dans l'eau et l'antenne de réception 13 est configurée pour capter d'éventuels échos provenant de cibles sur lesquelles se reflètent les ondes sonores issues de l'antenne 12.

- 5 [0047] La mise à l'eau et la sortie de l'eau du dispositif sous-marin 11 peut être réalisée au moyen d'un treuil 16 disposé sur un pont 17 du bâtiment de surface 10. Le treuil 16 peut comprendre un touret 18 dimensionné pour permettre l'enroulement du câble 14 ainsi que de l'antenne de réception 13.

- 10 [0048] Le treuil 16 peut comprendre également un châssis destiné à être fixé sur le pont du navire. Le touret 18 est apte à pivoter par rapport au châssis pour permettre l'enroulement du câble. L'enroulement du câble 14 permet de halier le poisson 12 à bord du bâtiment de surface 10, par exemple sur une plateforme arrière 19 prévue à cet effet.

- 15 [0049] Le dispositif sous-marin peut comprendre un chaumard 20 configuré pour guider le câble 14 en aval du touret 18. Le chaumard 20 constitue le dernier élément de guidage du câble 14 avant sa descente dans l'eau.

[0050] Les modes de réalisation de l'invention fournissent un procédé d'aide au guidage du bâtiment de surface 10 destiné à remorquer le dispositif sous-marin 11 par l'intermédiaire du câble tracteur 14.

- 20 [0051] Le procédé d'aide au guidage selon les modes de réalisation de l'invention peut être implémenté dans un dispositif situé dans le bâtiment de surface 10, ou dans un simulateur.

[0052] La figure 1 est un organigramme représentant le procédé d'aide au guidage selon des modes de réalisation de l'invention.

- 25 [0053] A l'étape 100, le secteur géographique autour du bâtiment de surface est divisé en une pluralité de zones, chaque zone étant caractérisée par des données de position. Le secteur géographique autour du bâtiment de surface correspond, selon certains modes de réalisation, à un cercle de rayon prédéfini, centré sur le bâtiment de surface 10.

- 30 [0054] Dans un mode de réalisation, illustré par la figure 3, l'étape 100 comprend au préalable la détermination de paramètres de navigation relatifs au bâtiment de

surface, par exemple au moyen de mesures (101). Les paramètres de navigation peuvent comprendre :

- un premier paramètre représentant la vitesse courante du bâtiment de surface 10 (vitesse actuelle) déterminée à un instant courant. La vitesse courante du bâtiment de surface 10 peut être mesurée, par exemple, en utilisant un indicateur de vitesse, ou au moyen d'un dispositif de navigation embarqué sur le bâtiment de surface 10 ;
- la longueur filée (c'est-à-dire déroulée) à l'instant courant. Dans un mode de réalisation, le treuil 16 peut être équipé d'un instrument de mesure configuré pour déterminer la longueur filée, par exemple en déterminant l'angle de rotation du treuil 16.

[0055] La fonction qui fait le lien entre les paramètres de navigation et la profondeur estimée d'immersion est appelée « domaine de vol ». La fonction « domaine de vol » est stockée par une unité de traitement, lors de l'étape 102.

[0056] A l'étape 103, la profondeur courante du dispositif sous-marin 11, en tout point du secteur géographique, est calculée à partir des paramètres de navigation et de la fonction indiquant le domaine de vol.

[0057] Dans un mode de réalisation, le calcul 103 peut être mis en œuvre en utilisant un calculateur embarqué dans le bâtiment de surface 10, par exemple sous forme d'application cliente dans l'ordinateur de bord du bâtiment de surface 10.

[0058] Dans des modes de réalisation, l'étape de calcul 103 peut en outre prendre en considération des paramètres relatifs au comportement du dispositif sous-marin 11, dans son domaine de vol, comme par exemple :

- un paramètre indiquant si le dispositif sous-marin 11 a une flottabilité positive ou négative,
- un paramètre indiquant si le dispositif sous-marin 11 est remontant ou plongeant, et/ou
- un paramètre indiquant si le dispositif sous-marin 11 dispose ou non d'ailes variables pouvant être commandées ou asservies selon l'effort de traction.

[0059] Par ailleurs, l'étape de calcul 103 peut utiliser des données de bathymétrie 104, à savoir de relevés topographiques sur les reliefs sous-marins, qui constituent

une cartographie d'un modèle numérique de terrain du secteur géographique autour du bâtiment de surface 10.

[0060] A l'étape 100, le secteur géographique est discrétisé en une pluralité de zones, dont la taille peut être réglable. Chaque zone (22, 23 sur la figure 4) peut être représentée par un nombre prédéfini de pixels, constituant une forme donnée et constante d'une zone à l'autre, comme par exemple un carré.

[0061] Les zones sont dimensionnées de sorte que l'information pertinente soit visible à l'œil nu par l'utilisateur, tout en fournissant un découpage suffisamment fin du secteur géographique.

10 [0062] La discrétisation du secteur géographique fournit ainsi une mosaïque de zones, dont la position est déterminée par des coordonnées (x, y) dans le repère de la figure 4. Pour chacune des zones, il est possible de déterminer le point de passage le plus défavorable pour le dispositif sous-marin 11, à savoir la profondeur minimale de la zone.

15 [0063] Telles qu'utilisée ici, la « profondeur minimale » fait référence, pour une zone donnée, à la profondeur du point le plus haut de la zone, en altitude absolue (selon l'axe z, figure 4). La profondeur minimale pour chaque zone du secteur géographique peut être calculée et stockée en mémoire à l'étape 104.

20 [0064] Selon un mode de réalisation avantageux, une profondeur minimale margée peut être calculée pour chaque zone, à partir de la profondeur minimale de toutes les zones situées dans un rayon prédéfini autour de ladite zone (étape 104'). Le calcul de la profondeur minimale margée permet ainsi de tenir compte des incertitudes « horizontales », c'est-à-dire liées à la position du bâtiment de surface 10 et/ou du dispositif sous-marin 11.

25 [0065] Par exemple, pour un rayon prédéfini égal à un mille nautique, pour chaque point (ou zone) de la carte, un disque de rayon égal à un mille nautique est centré sur le point, puis le point qui a la profondeur minimale dans le disque est déterminé.

[0066] Cette profondeur minimale au voisinage de tout point permet de construire une bathymétrie dite « duale », c'est-à-dire une bathymétrie qui inclut une marge horizontale supplémentaire. Le rayon prédéfini peut avoir une valeur par défaut, et/ou être réglable par l'utilisateur.

[0067] Le calcul de la bathymétrie duale, qui peut consommer beaucoup de ressources informatiques, peut être effectué en amont de la mission.

[0068] A l'étape 105, la marge d'immersion verticale du dispositif sous-marin 11 est extraite d'une mémoire. La marge d'immersion verticale (ou de protection) du dispositif sous-marin 11 correspond à une marge de protection verticale du dispositif sous-marin 11. La marge de protection verticale peut prendre une valeur par défaut, fournie par exemple par le constructeur du dispositif sous-marin 11, et peut être ensuite corrigée.

[0069] La marge de protection permet de tenir compte des légers déplacements difficilement maîtrisables du dispositif sous-marin 11, lorsqu'il est immergé, qui peuvent dépendre eux-mêmes, en partie, des caractéristiques structurelles du dispositif sous-marin 11, ainsi que des courants marins.

[0070] A l'étape 106, chaque zone de l'ensemble du secteur géographique peut être classée en fonction d'un degré d'accessibilité associé à la zone et représentant le niveau d'accessibilité de la zone. L'ensemble de la bathymétrie 104 de tout le secteur géographique peut être pris en compte pour déterminer le niveau d'accessibilité du bâtiment de surface 10 tractant le dispositif sous-marin 11, et non de seulement quelques isobathes.

[0071] La figure 4 illustre un exemple de classement des zones selon leur degré d'accessibilité. Dans des modes de réalisation, un paramètre d'apparence de zone peut être associé à chaque zone en fonction de son degré d'accessibilité. Le paramètre d'apparence de zone peut être associé à une zone donnée, si la zone est accessible par le bâtiment de surface sans que le dispositif sous-marin 11, compte tenu du déroulement courant du câble, n'atteigne la profondeur minimale de la zone, en tenant compte des marges d'immersion. C'est le cas par exemple de la zone 23 sur la figure 4.

[0072] Dans un mode de réalisation, le premier degré d'accessibilité satisfait la condition (1) suivante :

$$[0073] P_{\min} \geq M + P_c \quad (1)$$

[0074] Dans l'équation (1), le paramètre $P_{\min}$ désigne la profondeur minimale margée de la zone, le paramètre M désigne la marge de protection verticale du dispositif

sous-marin 11, et le paramètre P_c désigne la profondeur courante du dispositif sous-marin 11.

[0075] La profondeur courante du dispositif sous-marin peut être calculée en fonction de la longueur filée du câble tracteur et de la vitesse du bâtiment de surface.

- 5 [0076] Il est par exemple possible de définir les paramètres de la fonction qui fournit la profondeur courante du dispositif sous-marin 11 au moyen de mesures empiriques réalisées lors d'une phase de calibration du procédé.

- 10 [0077] Il est par exemple possible de mesurer la profondeur réelle pour différentes valeurs de longueur filée du câble tracteur, pour différentes valeurs de vitesse du bâtiment de surface. Dans certains modes de réalisation, la profondeur réelle peut être mesurée à l'aide de capteurs de pression.

[0078] Sur la figure 4, il peut être noté que certaines zones ayant le même degré d'accessibilité sont représentées de façon contigüe, le classement des zones étant effectué zone par zone.

- 15 [0079] Selon un mode de réalisation, un premier paramètre d'apparence de zone est attribué au premier degré d'accessibilité. Le paramètre d'apparence de zone peut être par exemple un paramètre de couleur, par exemple la couleur verte. La zone ayant un premier degré d'accessibilité peut être coloriée, par exemple, avec la couleur verte.

- 20 [0080] Un deuxième degré d'accessibilité peut être utilisé pour caractériser la zone si, compte tenu de la vitesse courante du bâtiment de surface 10 et de la longueur filée du câble tracteur 14, une collision du dispositif sous-marin 11 avec le fond risque de se produire en tenant compte également de la marge d'immersion. C'est le cas par exemple de la zone 22 sur la figure 4.

- 25 [0081] Dans un mode de réalisation, le deuxième degré d'accessibilité satisfait la condition (2) suivante :

$$[0082] P_{\min} < M + P_c \text{ et } P_{\min} \geq M \quad (2)$$

- 30 [0083] Selon un mode de réalisation, un deuxième paramètre d'apparence de zone est attribué au deuxième degré d'accessibilité. Le paramètre d'apparence de zone peut être par exemple un paramètre de couleur, par exemple la couleur orange. La

zone ayant un deuxième degré d'accessibilité peut être coloriée, par exemple, avec la couleur orange.

[0084] Dans un mode de réalisation, un troisième degré d'accessibilité peut être enfin utilisé si la profondeur minimale de la zone est strictement inférieure à la marge de protection du dispositif sous-marin. Cela correspond au cas où, quelle que soit la longueur filée de câble 14, le dispositif 11 ne pourra pas respecter les marges d'immersion. Ce cas de figure peut par exemple se présenter si un relief se situe dans une partie émergée du secteur géographique. La figure 4 n'illustre pas cette situation.

[0085] La condition (3) suivante doit ainsi être satisfaite pour le troisième degré d'accessibilité :

$$[0086] P_{\min} < M \quad (3)$$

[0087] Selon un mode de réalisation, un troisième paramètre d'apparence de zone est attribué au troisième degré d'accessibilité. Le paramètre d'apparence de zone peut être par exemple un paramètre de couleur, par exemple la couleur rouge. La zone ayant un troisième degré d'accessibilité peut être coloriée, par exemple, avec la couleur rouge.

[0088] La valeur de la marge de protection peut être modifiée et l'impact de ce changement de valeur peut être visualisé au niveau du changement d'apparence (couleur par exemple) de certaines zones sur l'interface homme machine.

[0089] Un tel changement de valeurs permet d'étendre la zone de navigation, en relâchant la contrainte sur la marge de protection (verticale et/ou horizontale) du dispositif sous-marin 11.

[0090] Ce mode de visualisation par zone et par degré d'accessibilité offre une bonne vision des évolutions possibles pour le bâtiment de surface 10.

[0091] Dans les modes de réalisation où les paramètres d'apparence de zone sont des paramètres de couleur, les degrés d'accessibilité peuvent être distingués en fonction des paramètres de couleur. Dans un mode de réalisation, les paramètres de couleurs peuvent être des niveaux de gris, par exemple noir, gris et blanc.

[0092] Dans d'autres modes de réalisation, les paramètres d'apparence de zone peuvent être des motifs différents pour les différents degrés d'accessibilité.

[0093] La figure 5 représente les autres étapes 200, 300 et 400 de calcul du procédé d'aide au guidage selon des modes de réalisation de l'invention.

[0094] Dans la deuxième étape de calcul 200, un ensemble de trajectoires candidates (par exemple les trajectoires 24, 25, 26 de la figure 4) du bâtiment de surface 10 dans le secteur géographique 21 sont calculées à l'étape 202, en fonction de paramètres de navigation obtenus à l'étape 201.

[0095] Le point de départ de chacune des trajectoires candidates correspond à l'emplacement courant du bâtiment de surface 10 et se poursuit sensiblement sous la forme d'un arc de cercle, sur une longueur prédéfinie. La valeur de la corde, pour chaque arc de cercle, est croissante. La modélisation de telles trajectoires ne présente donc pas de complexité calculatoire.

[0096] Bien qu'il soit toujours envisageable que le bâtiment de surface 10 emprunte finalement une trajectoire qui ne corresponde pas exactement à l'une des trajectoires candidates représentées, le nombre suffisamment élevé de trajectoires candidates représentées sur l'interface homme machine permet de fournir un nombre considérable d'options de navigation, en fonction de leur faisabilité.

[0097] Une des trajectoires candidates correspond à un segment qui part de l'emplacement du bâtiment de surface 10 et est aligné avec son cap.

[0098] Chacune des trajectoires candidates correspond ainsi à un taux de giration différent du bâtiment de surface 10. Le taux de giration correspond à la vitesse à laquelle le bâtiment de surface 10 change de cap ainsi que la direction de son changement de cap (bâbord ou tribord).

[0099] Le taux de giration peut également être appelé « vitesse de giration ». En réalité, le taux de giration est la vitesse de giration du bâtiment de surface, en degrés par minute ($^{\circ}/\text{min}$).

[0100] Il peut être calculé soit à partir de la variation de cap, soit à partir de la formule ci-dessous, avec un rayon de giration extrapolé à partir des positions successives du navire (les unités sont en italique) :

[0101] Taux de giration ($^{\circ}/\text{min}$) = $360/\text{Durée_tour}(\text{min})$
 $= 360 \cdot \text{Vitesse}(\text{m}/\text{min}) / (2 \cdot \text{Pi} \cdot \text{Rayon_giration}(\text{m}))$

$$\begin{aligned} &= 360 \cdot 60 \cdot 1852 / (2 \cdot \pi \cdot 3600) \cdot \text{Vitesse}(n\text{œud}) / \text{Rayon_giration}(m) \\ &= 5556 / \pi \cdot \text{Vitesse}(n\text{œud}) / \text{Rayon_giration}(m) \end{aligned}$$

[0102] En faisant de nouveau référence à la figure 4, onze trajectoires candidates sont représentées : une trajectoire candidate 26 correspondant à un taux de giration nul, cinq trajectoires à bâbord avec différents taux de giration, et cinq trajectoires à tribord avec différents taux de giration (par exemple les trajectoires 24 et 25 sur la figure 4). Bien entendu, le nombre de trajectoires candidates peut être paramétré de manière différente.

[0103] Les différentes trajectoires candidates peuvent être déterminées puis sauvegardées dans une zone mémoire.

[0104] Dans une troisième étape 300, chaque trajectoire candidate (24, 25, 26) peut être classée en fonction du degré d'accessibilité de la zone du secteur géographique traversée par la trajectoire possible (24, 25, 26), et en fonction de la faisabilité d'une ou plusieurs actions prédéfinies sur ladite trajectoire candidate (24, 25, 26).

[0105] Dans une étape 301, le domaine de giration étendu est calculé. Il correspond au domaine de vol calculé lors de l'étape 102, affiné avec le paramètre supplémentaire du taux de giration du bâtiment de surface 10.

[0106] Pour chaque trajectoire candidate, la profondeur estimée du dispositif sous-marin 11 peut être calculée à l'étape 303 en fonction de la vitesse du bâtiment de surface 10, supposée constante depuis la position courante du bâtiment de surface 10, de la longueur défilée du câble tracteur, également supposée constante depuis la position courante du bâtiment de surface 10, et du taux de giration sur la trajectoire candidate.

[0107] La longueur défilée du câble tracteur correspond à la longueur de câble déroulée hors du treuil.

[0108] On définit une fonction f réelle positive qui prend en entrée trois paramètres positifs (Longueur filée, vitesse, rayon de giration) et retourne la profondeur estimée du dispositif sous-marin 11.

[0109] Quels que soient $L1$, $L2$, $V1$, $V2$, $R1$ et $R2$ pris dans les paramètres physiquement atteignables du bâtiment de surface 10 (limités par la longueur de

câble, la vitesse maximum du bâtiment de surface 10 et son rayon de giration minimum) :

[0110] si $L1 = 0$ alors $f(L1, V1, R1) = 0$

[0111] si $V1 = 0$ alors $f(L1, V1, R1) = L1$

5 [0112] si $L1 < L2$ alors $f(L1, V1, R1) < f(L2, V1, R1)$

[0113] si $V1 < V2$ alors $f(L1, V1, R1) > f(L1, V2, R1)$

[0114] si $R1 < R2$ alors $f(L1, V1, R1) > f(L1, V1, R2)$

[0115] Il est par exemple possible de définir les paramètres de la fonction qui fournit la profondeur estimée du dispositif sous-marin 11 au moyen de mesures empiriques
10 réalisées lors d'une phase de calibration du procédé.

[0116] Il est par exemple possible de mesurer la profondeur réelle pour différentes valeurs de vitesse du bâtiment de surface 10, pour différentes longueurs déroulées du câble tracteur, et pour différents taux de giration. Dans certains modes de réalisation, la profondeur réelle peut être mesurée à l'aide de capteurs de pression.

15 [0117] D'autres paramètres peuvent également être pris en compte, tels que le ou les paramètres de comportement du dispositif sous-marin 11 dans son domaine de vol, indiquant si le dispositif a une flottabilité positive ou négative, s'il est remontant ou plongeant, ou encore s'il dispose ou non d'ailes variables pouvant être commandées ou asservies selon l'effort de traction.

20 [0118] La profondeur du dispositif sous-marin 11 peut être ainsi calculée en tout point de la trajectoire candidate.

[0119] Le classement de chaque trajectoire candidate peut être également établi en fonction de la faisabilité d'une ou plusieurs actions prédéfinies sur chacune des trajectoires candidates (302). Les actions prédéfinies sont des actions mécaniques
25 ou manœuvres pouvant être effectuées pour remonter le dispositif sous-marin 11 vers la surface de l'eau. Dans un mode de réalisation, les actions peuvent comprendre :

- une accélération potentielle du bâtiment de surface 10, à partir de sa position courante, avant d'atteindre un point qui correspond au passage d'une zone de
30 premier degré d'accessibilité à une zone de deuxième degré d'accessibilité ; et/ou

- une action consistant à ravalier une longueur de câble tracteur 14 (action d'enroulement) avant d'atteindre un point qui correspond au passage d'une zone de premier degré d'accessibilité à une zone de deuxième degré d'accessibilité.

5 [0120] Ces deux actions peuvent être entreprises simultanément, c'est-à-dire en, effectuant simultanément une accélération du bâtiment de surface 10 et un enroulement du câble tracteur 14, ou successivement.

10 [0121] A partir des données de bathymétrie (bloc 305) et de bathymétrie duale (bloc 305'), de la faisabilité d'une ou plusieurs actions prédéfinies, et de la profondeur estimée sur la trajectoire candidate, à l'étape 304, les marges d'immersion (ou de protection) verticale et horizontale sont calculées, et chacune des trajectoires candidates selon l'une ou l'autre des caractéristiques d'apparence peut être classée.

15 [0122] Dans un mode de réalisation préféré, la faisabilité d'une ou plusieurs actions prédéfinies sur la trajectoire candidate peut être calculée en prenant en compte le délai de réalisation de l'action (durée prise pour réaliser l'action) avant l'arrivée du bâtiment de surface 10 dans une zone classée selon un degré d'accessibilité différent de la zone correspondant à la position courante du bâtiment de surface 10.

20 [0123] Ainsi, si la trajectoire candidate passe dans une zone de premier degré d'accessibilité puis dans une zone de deuxième degré d'accessibilité, des actions correctives peuvent être effectuées avant que le bâtiment de surface ne passe de la zone de premier degré d'accessibilité à la zone de deuxième degré d'accessibilité.

[0124] Dans une quatrième étape 400, un affichage des zones (22, 23) et des trajectoires candidates (24, 25, 26) est généré sur une interface homme machine, en fonction du classement des trajectoires. Le procédé peut en outre comprendre une étape de transmission de consignes relatives aux actions prédéfinies (par exemple remontée du dispositif sous-marin 11, accélération du bâtiment de surface 10).

25 [0125] L'affichage des trajectoires candidates et la transmission des consignes peuvent être générés sur le même écran de l'interface homme machine, de façon simultanée. Par exemple, en réponse à un pointage par un opérateur (par exemple opérateur chargé de navigation) d'une trajectoire candidate en utilisant un curseur, 30 un affichage de consignes peut apparaître dans une fenêtre, et disparaître lorsque le curseur n'est plus positionné sur la trajectoire (affichage de type « pop-up », ou fenêtre contextuelle).

[0126] En variante, un affichage de l'ensemble des consignes peut apparaître en permanence, dans une fenêtre secondaire, à côté de la carte de navigation.

[0127] Selon une autre variante, les consignes peuvent être fournies sous forme d'un message sonore.

- 5 [0128] Les modes de réalisation permettent ainsi de générer un affichage optimisé permettant de visualiser la trajectoire à emprunter, sans nécessiter d'action supplémentaire, les trajectoires nécessitant de réaliser des manœuvres spécifiques, et les trajectoires impossibles.

- 10 [0129] Dans un mode de réalisation alternatif, seules les consignes peuvent être transmises, à l'issue des étapes 100, 200 et 300 précitées. Selon une autre variante, les zones et trajectoires candidates peuvent être affichées en fonction de leur classement, sans que des consignes particulières ne soient ajoutées, l'opérateur pouvant déterminer, en utilisant son expertise, les actions à mettre en œuvre.

- 15 [0130] Différents paramètres d'apparence de trajectoire peuvent être utilisés pour distinguer les classements des trajectoires candidates. Les paramètres d'apparence peuvent être par exemple des paramètres couleurs. Pour une interface homme machine en noir et blanc ou en niveau de gris, les caractéristiques d'apparence peuvent correspondre à des épaisseurs de trait différentes, ou encore à des motifs différents.

- 20 [0131] Pour chaque trajectoire candidate, les coordonnées des points séparés par une distance prédéfinie peuvent être calculées dans le repère précité (cf. figure 4), de façon à établir un échantillonnage de la trajectoire candidate.

- 25 [0132] Les coordonnées peuvent être exprimées dans le système géodésique de la carte, par exemple le système géodésique WGS84, utilisé notamment par le système de positionnement par satellite GPS. Tout autre système géodésique peut également convenir.

- 30 [0133] Chaque trajectoire candidate est ainsi constituée d'un ensemble de points équidistants (par exemple points 27 sur la figure 4). La distance entre chaque point peut varier en fonction de la longueur de la trajectoire candidate, ou bien être fixe, quelle que soit la longueur de la trajectoire candidate.

[0134] Le calcul sur un nombre limité de points, du fait de l'échantillonnage, et sur une trajectoire facilement modélisable (un arc de cercle), permet de diminuer la complexité calculatoire du procédé de guidage, ce qui le rend compatible avec des applications temps réel.

- 5 [0135] Pour chaque point, à partir du premier point de la trajectoire candidate, un premier paramètre d'apparence de trajectoire peut être attribué à la trajectoire candidate si la profondeur estimée du dispositif sous-marin est inférieure à la somme de la profondeur minimale margée de la zone et de la marge de protection verticale du dispositif sous-marin. Le premier paramètre d'apparence de trajectoire doit alors
10 aussi être attribué au point précédent.

[0136] Un deuxième paramètre d'apparence de trajectoire peut être attribué si, pour au moins un point de la trajectoire candidate, la profondeur estimée corrigée du dispositif sous-marin est inférieure à la somme de la profondeur minimale margée et de la marge de protection verticale du dispositif sous-marin.

- 15 [0137] La profondeur estimée corrigée du dispositif sous-marin 11 est calculée en fonction de la longueur filée du câble tracteur 14, de la vitesse du bâtiment de surface 10, du taux de giration correspondant à la trajectoire candidate (24, 25, 26) sur laquelle se trouve le point, et de l'une ou plusieurs actions prédéfinies sur ladite trajectoire candidate.

- 20 [0138] Le deuxième paramètre d'apparence de trajectoire est en outre également attribué aux points suivants de la trajectoire candidate. Ainsi, des points d'une trajectoire candidate ne peuvent pas avoir un premier paramètre d'apparence de trajectoire, si les points précédents, à savoir ceux situés au plus près du bâtiment de surface 10, ont un deuxième paramètre d'apparence de trajectoire.

- 25 [0139] Ainsi, selon des modes de réalisation de l'invention, une trajectoire candidate a un premier paramètre d'apparence si le premier paramètre d'apparence est attribué à tous les points de la trajectoire candidate, et qu'une trajectoire candidate a un deuxième paramètre d'apparence si le deuxième paramètre d'apparence est attribué à au moins un point de la trajectoire candidate.

- 30 [0140] Un troisième paramètre d'apparence de trajectoire peut être attribué à la trajectoire candidate si la giration de la trajectoire candidate est impossible compte tenu de la longueur du câble tracteur 14, ou si la giration est impossible compte tenu

de la vitesse du bâtiment de surface 10, ce qui correspond à un rayon de giration trop petit.

[0141] La figure 4 montre par exemple un classement des trajectoires selon trois niveaux d'apparence. S'agissant par exemple des trajectoires 25, 26 et 27, il peut
5 être visualisé qu'une action corrective doit être effectuée, si le bâtiment de surface s'engage sur une de ces trajectoires, pour éviter d'abîmer le dispositif sous-marin 11.

[0142] Il peut par ailleurs constater que la trajectoire 30 est impossible.

[0143] S'agissant des autres trajectoires, par exemple la trajectoire 24, le bâtiment de surface 10 peut s'y engager sans craindre d'endommager le dispositif sous-marin 11.

10 [0144] Les étapes 100, 200, 300 et 400 du procédé peuvent être implémentées dynamiquement ou de manière périodique, de façon à rafraîchir régulièrement l'aide au guidage, en tenant compte du changement de position du bâtiment de surface 10, ainsi que du changement éventuel de profondeur courante du dispositif sous-marin 11.

15 [0145] Selon un autre mode de réalisation avantageux, le positionnement du bâtiment de surface 10 sur un des points de la trajectoire candidate peut faire l'objet d'un traitement par simulation informatique, pour anticiper les actions éventuelles à mettre en œuvre.

[0146] En relation avec l'exemple de la figure 4, une telle simulation peut par
20 exemple permettre d'identifier si la trajectoire candidate 24 conserve le premier paramètre d'apparence de trajectoire, ou bien si un autre paramètre d'apparence de trajectoire lui est attribué, après le dernier point de la trajectoire candidate actuelle 24.

[0147] La simulation du positionnement du bâtiment de surface 10 sur un des points de la trajectoire candidate peut être réalisée, par exemple, en réponse à un
25 mouvement de « cliquer/glisser » du point représentant le bâtiment de surface 10 sur un des points de la trajectoire candidate, sur l'interface graphique, ou plus généralement en réponse à une action de pointage sur l'interface graphique adaptée à la sélection d'un des points.

[0148] Le positionnement sur des points futurs d'une trajectoire candidate, ainsi que
30 les trajectoires candidates et/ou des actions correspondantes peuvent être affichés

dans une sous-partie de l'interface homme machine, par exemple sous forme de vignette.

[0149] La figure 6 illustre le système d'aide au guidage 500 selon des modes de réalisation de l'invention.

5 [0150] Le système d'aide au guidage 500 peut comprendre une interface homme machine 501, sous forme de console et un dispositif de pointage configuré pour permettre un pointage sur l'interface graphique. L'interface Homme Machine (IHM) 501 est configurée pour générer un affichage d'une carte enrichie, et de recevoir des données de l'utilisateur (opérateur) telles que les marges verticales, le rayon utilisé
10 dans la bathymétrie duale et/ou les trajectoires candidates. Le système d'aide au guidage 500 est configuré pour générer un affichage des zones et des trajectoires candidates en fonction de leur classement et/ou pour transmettre les consignes relatives auxdites actions.

[0151] Le système d'aide au guidage 500 comprend un dispositif de calcul 502
15 connecté à l'interface homme machine 501.

[0152] Le dispositif de calcul 502 comprend une unité de discrétisation 5021 configurée pour discrétiser le secteur géographique autour du bâtiment de surface en une pluralité de zones, une première unité de calcul 5022 configurée pour calculer l'ensemble de trajectoires candidates du bâtiment de surface dans le secteur
20 géographique, et une unité de classification 5023 configurée pour classer chaque trajectoire candidate en fonction du degré d'accessibilité de la zone du secteur géographique traversée par la trajectoire possible, et en fonction de la faisabilité d'une ou plusieurs actions prédéfinies sur ladite trajectoire candidate.

[0153] Le dispositif de calcul 502 peut recevoir ou déterminer des paramètres de navigation du bâtiment de surface, et/ou des paramètres relatifs au treuil
25 représentant la longueur du câble 14 déroulé. De tels paramètres peuvent être extraits par un serveur de service d'aide à l'immersion 503.

[0154] Lorsqu'il est détecté que des actions sont à mettre en œuvre pour éviter un endommagement du dispositif sous-marin 11, le dispositif de calcul 502 peut
30 transmettre des commandes correspondantes au serveur du service d'aide à l'immersion 503.

- [0155] Le serveur du service d'aide à l'immersion 503 peut être connecté soit à un simulateur 504 dans une utilisation de simulation du dispositif d'aide au guidage 500, soit à une unité de détermination de paramètres de navigation 505 embarquée dans le bâtiment de surface 10 pour déterminer les paramètres de navigation.
- 5 [0156] Le dispositif de calcul 502 peut être également connecté à un serveur de cartes 506 qui fournit des données de bathymétrie.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'aide au guidage d'un bâtiment de surface (10) destiné à remorquer un dispositif sous-marin (11) par l'intermédiaire d'un câble tracteur (14), le procédé
- 5 comprenant :
- a) une discrétisation du secteur géographique (21) autour du bâtiment de surface (10) en une pluralité de zones (22, 23), chaque zone (22, 23) étant classée selon un degré d'accessibilité parmi un ensemble de degrés d'accessibilité, en fonction de la bathymétrie du secteur géographique et de paramètres courants de navigation du
- 10 bâtiment de surface (10) comprenant la longueur du câble tracteur (14) (100) ;
- b) un calcul d'un ensemble de trajectoires candidates (24, 25, 26) du bâtiment de surface (10) dans ledit secteur géographique (21), chaque trajectoire candidate (24, 25, 26) correspondant à un taux de giration différent à partir de la position courante du bâtiment de surface (10) (200) ;
- 15 c) un classement de chaque trajectoire candidate (24, 25, 26) en fonction du degré d'accessibilité de la zone du secteur géographique traversée par la trajectoire possible (24, 25, 26), et en fonction de la faisabilité d'une ou plusieurs actions prédéfinies sur ladite trajectoire candidate (24, 25, 26) (300) ;
- d) une génération d'un affichage des zones (22, 23) et des trajectoires candidates
- 20 (24, 25, 26) sur une interface homme machine, en fonction de leur classement et/ou une transmission de consignes relatives auxdites actions (400).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel chaque zone a une profondeur minimale margée, ladite profondeur minimale margée de chaque zone étant calculée
- 25 à partir de la profondeur minimale de toutes les zones situées dans un rayon prédéfini autour de ladite zone, et le dispositif sous-marin a une profondeur courante et dans lequel l'ensemble de degrés d'accessibilité comprend :
- une premier degré d'accessibilité si la profondeur minimale margée de la zone est supérieure ou égale à la somme entre une marge de protection verticale du dispositif
- 30 sous-marin et la profondeur courante du dispositif sous-marin, ladite profondeur courante du dispositif sous-marin étant calculée en fonction de la longueur filée du câble tracteur et de la vitesse du bâtiment de surface ;
- un deuxième degré d'accessibilité si la profondeur minimale margée de la zone est strictement inférieure à ladite somme entre la marge de protection verticale du

dispositif sous-marin et la profondeur courante du dispositif sous-marin, et si la profondeur minimale margée de la zone est supérieure ou égale à la marge de protection du dispositif sous-marin ;

- un troisième degré d'accessibilité si la profondeur minimale margée de la zone est strictement inférieure à la marge de protection verticale du dispositif sous-marin.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel un premier paramètre d'apparence de zone, un deuxième paramètre d'apparence de zone et un troisième paramètre d'apparence de zone sont respectivement attribués au premier degré d'accessibilité, au deuxième degré d'accessibilité et au troisième degré d'accessibilité.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel le premier paramètre d'apparence de zone, le deuxième paramètre d'apparence de zone et le troisième paramètre d'apparence de zone correspondent à des couleurs différentes.

15

5. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel chaque trajectoire candidate (24, 25, 26) est échantillonnée en une pluralité de points équidistants (27), et dans lequel, à chaque point (27), à partir du premier point de la trajectoire candidate, est attribué :

- un premier paramètre d'apparence de trajectoire si ledit premier paramètre d'apparence de trajectoire a été attribué au point précédent et si la profondeur estimée du dispositif sous-marin est inférieure à la somme de la profondeur minimale margée de la zone et de la marge de protection verticale du dispositif sous-marin, la profondeur estimée du dispositif sous-marin (11) étant calculée en fonction de la longueur filée du câble tracteur (14), de la vitesse du bâtiment de surface (10) et du taux de giration correspondant à la trajectoire candidate (24, 25, 26) sur laquelle se trouve le point ;

- un deuxième paramètre d'apparence de trajectoire si la profondeur estimée corrigée du dispositif sous-marin est inférieure à la somme de la profondeur minimale margée et de la marge de protection verticale du dispositif sous-marin, la profondeur estimée corrigée du dispositif sous-marin (11) étant calculée en fonction de la longueur filée du câble tracteur (14), de la vitesse du bâtiment de surface (10), du taux de giration correspondant à la trajectoire candidate (24, 25, 26) sur laquelle se

- trouve le point, et de l'une ou plusieurs actions prédéfinies sur ladite trajectoire candidate,
- le deuxième paramètre d'apparence de trajectoire étant en outre également attribué aux points suivants de la trajectoire candidate (24, 25, 26) ;
- 5 - un troisième paramètre d'apparence de trajectoire si la giration de la trajectoire candidate (24, 25, 26) est impossible compte tenu de la longueur du câble tracteur (14), ou si la giration est impossible compte tenu de la vitesse du bâtiment de surface (10),
- le troisième paramètre d'apparence de trajectoire étant en outre également attribué
- 10 aux points suivants de la trajectoire candidate.
6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel le premier paramètre d'apparence de trajectoire, le deuxième paramètre d'apparence de trajectoire et le troisième paramètre d'apparence de trajectoire correspondent à des couleurs différentes.
- 15
7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6, comprenant en outre une étape de correction de la marge de protection verticale du dispositif sous-marin (11), et/ou une étape de correction du rayon prédéfini utilisé dans le calcul de la profondeur minimale margée.
- 20
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdites actions prédéfinies comprennent une action de remontée du dispositif sous-marin (11) et/ou une action d'accélération du bâtiment de surface (10).
- 25
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la faisabilité d'une ou plusieurs actions prédéfinies sur ladite trajectoire candidate (24, 25, 26) est calculée en tenant compte du délai de réalisation de l'action avant l'arrivée du bâtiment de surface (10) dans une zone (22, 23) classée selon un degré d'accessibilité différent de la zone correspondant à la position courante du bâtiment
- 30 de surface (10).
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape de génération d'un affichage de chaque trajectoire possible (24, 25) comprend une génération d'un affichage de la trajectoire sous la forme d'un arc de cercle passant

par un point représentant le bâtiment de surface (10), ou sous la forme d'un segment (26) aligné avec le point représentant le cap du bâtiment de surface (10).

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les étapes a) à d) sont répétées périodiquement.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant en réponse à la sélection, par l'utilisateur, d'un des points (27) situés sur la représentation d'une des trajectoires candidates (24, 25, 26) générées sur l'interface homme machine, une étape de simulation des étapes a) à d), en considérant que le bâtiment de surface (10) est fictivement positionné au niveau dudit point (27).

13. Produit programme d'ordinateur, comportant des instructions pour l'exécution du procédé selon l'une des revendications 1 à 12 lorsque le programme est exécuté par un processeur.

14. Système d'aide au guidage d'un bâtiment de surface destiné à remorquer un dispositif sous-marin par l'intermédiaire d'un câble tracteur, le système comprenant :

- un dispositif de calcul (502) comprenant :
 - une unité de discrétisation (5021), configurée pour discrétiser le secteur géographique autour du bâtiment de surface en une pluralité de zones, chaque zone étant classée selon un degré d'accessibilité parmi un ensemble de degrés d'accessibilité, en fonction de paramètres courants de navigation du bâtiment de surface comprenant la longueur du câble tracteur ;
 - une première unité de calcul (5022), configurée pour calculer un ensemble de trajectoires candidates du bâtiment de surface dans ledit secteur géographique, chaque trajectoire candidate correspondant à un taux de giration différent à partir de la position actuelle du bâtiment de surface ;
 - une unité de classification (5023), configurée pour classer chaque trajectoire candidate en fonction du degré d'accessibilité de la zone du secteur géographique traversée par la trajectoire possible (24, 25, 26), et en fonction de la faisabilité d'une ou plusieurs actions prédéfinies sur ladite trajectoire candidate (24, 25, 26) ;

- une interface homme machine (501) configurée pour générer un affichage des zones et des trajectoires candidates en fonction de leur classement et/ou pour transmettre les consignes relatives auxdites actions.
- 5 15. Système selon la revendication 14, dans lequel le dispositif sous-marin comprend un sonar.