

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
21 novembre 2013 (21.11.2013)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2013/171179 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B63B 39/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2013/059871

(22) Date de dépôt international :
14 mai 2013 (14.05.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
12 54503 16 mai 2012 (16.05.2012) FR

(71) Déposant : SOCIETE D'INGENIERIE DE RE-
CHERCHES ET D'ETUDES EN HYDRODYNA-
MIQUE NAVALE PAR ABREVIATION SIREHNA
[FR/FR]; 1 rue de la Noé BP 42105, F-44321 Nantes Ce-
dex 03 (FR).

(72) Inventeurs : DROUET, Céline; La Grohinière, F-44390
Casson (FR). CELLIER, Nicolas; 19 avenue des Cigales,
F-44300 Nantes (FR).

(74) Mandataires : BLOT, Philippe et al.; Cabinet Lavoix, 2,
place d'Estienne d'Orves, F-75009 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : METHOD FOR PREDICTING AT LEAST ONE MOVEMENT OF A SHIP UNDER THE EFFECT OF THE WAVES

(54) Titre : PROCÉDÉ DE PRÉVISION D'AU MOINS UN MOUVEMENT D'UN NAVIRE SOUS L'EFFET DE LA HOULE

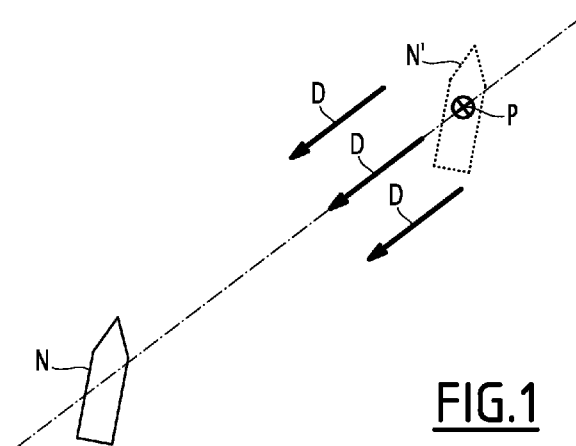


FIG.1

(57) Abstract : The method comprises: a step of estimating a direction (D) and a speed of propagation of the waves, a step of measuring the change in a characteristic size of the waves, at at least one measurement point (P) located upstream from the ship in the direction of propagation (D), by periodically measuring said size, a step of detecting a lull in the waves at the measurement point (P), made using the measurement of the change in the characteristic size, this detection step comprising a measurement of a duration of a detected lull, and, when the lull in the waves is detected at the measurement point (P): a step of calculating a time interval between the detection of the lull in the waves at the detected measurement point (P) and a point in time when this lull has an effect on the movement of the ship (N), said calculation being made, in particular, on the basis of the estimated speed of propagation of the waves.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2013/171179 A1



Le procédé comporte : une étape d'estimation d'une direction (D) et d'une vitesse de propagation de la houle, une étape de mesure de l'évolution d'une grandeur caractéristique de la houle, en au moins un point de mesure (P) situé en amont du navire dans la direction de propagation (D), en mesurant périodiquement ladite grandeur, une étape de détection d'une accalmie de la houle au point de mesure (P), réalisée à l'aide de la mesure de l'évolution de la grandeur caractéristique, cette étape de détection comportant une mesure d'une durée d'une accalmie détectée, et lorsqu'une accalmie de la houle est détectée au point de mesure (P) : une étape de calcul d'un intervalle de temps entre la détection de l'accalmie de la houle au point de mesure détectée (P) et un moment où cette accalmie se répercute sur le mouvement du navire (N), ce calcul étant notamment effectué en fonction de la vitesse de propagation estimée de la houle.

Procédé de prévision d'au moins un mouvement d'un navire sous l'effet de la houle

La présente invention concerne un procédé de prévision d'au moins un mouvement d'un navire se trouvant sur une étendue d'eau, sous l'effet de la houle de cette étendue d'eau.

5 Dans la présente description, on appelle « un mouvement du navire » un mouvement de translation le long d'un axe, ou de rotation autour d'un axe. En particulier, le mouvement considéré sera généralement choisi parmi :

- un mouvement de translation du navire le long d'un axe longitudinal (également appelé cavalement),
- 10 - un mouvement de translation du navire le long d'un axe transversal (également appelé embardée),
- un mouvement de translation du navire le long d'un axe vertical (également appelé pilonnement),
- un mouvement de rotation du navire autour de l'axe longitudinal (également appelé roulis),
- 15 - un mouvement de rotation du navire autour de l'axe transversal (également appelé tangage), ou
- un mouvement de rotation du navire autour de l'axe vertical (également appelé lacet).

20 Certaines opérations effectuées par le navire ou à partir du navire, telles que des opérations de déploiement ou de récupération d'un drone, nécessitent une bonne stabilité du navire. Or, la houle entraîne le navire selon au moins un des mouvements précités.

Afin de pouvoir réaliser en toute sécurité une opération nécessitant une stabilité du navire, il est nécessaire de prévoir les mouvements du navire sous l'effet de la houle, pour
25 anticiper des moments adaptés pour la réalisation de l'opération et/ou pour compenser les mouvements induits par la houle.

A cet effet, on connaît déjà, dans l'état de la technique, divers procédés de prévision d'au moins un mouvement d'un navire sous l'effet de la houle. Toutefois, de tels procédés de l'état de la technique ne permettent généralement pas d'anticiper
30 suffisamment à l'avance et de manière suffisamment précise les mouvements du navire sous l'effet de la houle, ou sont très complexes à mettre en œuvre.

L'invention a notamment pour but de remédier à ces inconvénients, en fournissant un procédé de prévision relativement simple, et permettant une prévision suffisamment précise et suffisamment en avance des mouvements du navire sous l'effet de la houle.

A cet effet, l'invention a notamment pour objet un procédé de prévision d'au moins un mouvement d'un navire sous l'effet de la houle d'une étendue d'eau, caractérisé en ce qu'il comporte :

- 5 - une étape d'estimation d'une direction de propagation de la houle, et une étape d'estimation d'une vitesse de propagation de cette houle dans ladite direction de propagation,
- une étape de mesure de l'évolution d'une grandeur caractéristique de la houle, en au moins un point de mesure situé en amont du navire dans la direction de propagation, en mesurant périodiquement ladite grandeur,
- 10 - une étape de détection d'une accalmie de la houle au point de mesure, réalisée à l'aide de la mesure de l'évolution de la grandeur caractéristique, cette étape de détection comportant une mesure d'une durée d'une accalmie détectée, et

lorsqu'une accalmie de la houle est détectée au point de mesure :

- 15 - une étape de calcul d'un intervalle de temps entre la détection de l'accalmie de la houle au point de mesure détectée et un moment où cette accalmie se répercute sur le mouvement du navire, ce calcul étant notamment effectué en fonction de la vitesse de propagation estimée de la houle.

L'invention propose de mesurer la houle en amont du navire, de détecter les accalmies de la houle en amont et d'estimer la propagation de ces accalmies en aval jusqu'au navire, afin de prévoir les moments où le navire se trouve au droit d'une accalmie de la houle.

Ce principe de l'invention repose notamment sur le fait que pour des périodes d'accalmie suffisamment longues, il est possible de négliger la déformation de l'enveloppe de la houle entre un point de mesure amont et la position du navire en aval. Ainsi, il est possible de ne considérer qu'une vitesse unique de propagation de l'accalmie, plutôt qu'une vitesse différente pour chaque composante du spectre de la houle.

Un tel procédé est particulièrement simple à mettre en œuvre, car il recherche simplement à prévoir une accalmie pour le mouvement du navire, et non pas à prévoir le comportement précis de ce mouvement.

En effet, il apparaît que pour la réalisation de certaines opérations nécessitant une stabilité du navire, il est suffisant de connaître un moment où le mouvement du navire est faible (accalmie), sans qu'il soit nécessaire de connaître le comportement précis de ce navire. Ainsi, le procédé selon l'invention présente une précision suffisante.

Le procédé selon l'invention peut comporter en outre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises seules ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles.

- 5 - Le procédé comporte, suite à l'étape de mesure, une étape de filtrage de l'évolution de la grandeur caractéristique mesurée, au moyen d'un filtre discret dont les entrées sont les grandeurs caractéristiques mesurées périodiquement, et les sorties formant un signal de sortie représentent l'effet de cette évolution de la grandeur caractéristique sur le mouvement considéré d'un navire fictif qui serait identique au navire et situé au point de mesure, et une étape de calcul 10 d'une enveloppe du signal de sortie du filtre.
- L'étape de détection d'une accalmie de la houle au point de mesure comprend : une comparaison de l'enveloppe avec un seuil d'amplitude prédéterminé, et la mesure de la durée d'accalmie, réalisée en mesurant la 15 durée pendant laquelle l'enveloppe est inférieure audit seuil d'amplitude, une accalmie étant considérée comme détectée lorsque ladite durée d'accalmie est supérieure à un premier seuil de durée prédéterminé.
- L'étape de calcul d'une enveloppe comporte l'application d'une transformée de Hilbert au signal de sortie de filtre.
- La transformée de Hilbert est effectuée sur une fenêtre glissante appliquée au 20 signal de sortie de filtre, la fenêtre glissante étant choisie pour coïncider entre deux passages par 0.
- Le procédé comporte, suite à l'étape de calcul d'une enveloppe et préalablement à l'étape de détection d'une accalmie, une étape de décomposition de l'enveloppe en ondelettes.
- 25 - Les ondelettes sont des ondelettes de Meyer.
- L'étape de filtrage est réalisée au moyen d'un filtre discret linéaire et causal, et présentant la forme suivante :

$$s(t_i) = C \cdot X(t_i) + D \cdot h(t_i)$$

avec :

30 $h(t_i)$ la grandeur caractéristique de la houle à un instant de mesure t_i ,

$s(t_i)$ la valeur du signal de sortie de filtre à l'instant de mesure t_i ,

$X(t_i)$ une fonction matrice causale de la forme $X(t_{i+1}) = A \cdot X(t_i) + B \cdot h(t_i)$, avec

$X(t_0) = 0$, et

A, B, C et D des matrices constantes.

- Le procédé comporte, suite à l'étape de calcul de l'intervalle de temps, une étape d'estimation d'une probabilité que le mouvement du navire sous l'effet de la houle, au moment où l'accalmie détectée se répercute sur le mouvement du navire, soit inférieur à un seuil de mouvement prédéterminé pendant une durée supérieure à un second seuil de durée prédéterminé, cette estimation étant notamment effectué en fonction de la durée de l'accalmie détectée.
- La grandeur caractéristique de la houle est choisi parmi une élévation de la surface de l'étendue d'eau au point de mesure, une vitesse d'élévation de la surface de l'étendue d'eau au point de mesure, ou une pression de l'eau au point de mesure.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux figures annexées, parmi lesquels :

- la figure 1 un navire se trouvant sur une étendue d'eau ;
- la figure 2 représente les étapes du procédé selon l'invention, pour la prévision d'au moins un mouvement du navire de la figure 1.

On a représenté sur la figure 1 un navire N se trouvant sur une étendue d'eau, destiné à réaliser au moins une opération nécessitant une stabilité du navire, telle qu'une opération de déploiement ou de récupération d'un drone.

Afin de prévoir une telle stabilité du navire N, il est nécessaire de prévoir au moins un mouvement du navire N sous l'effet de la houle de l'étendue d'eau, et ainsi prévoir un moment où ce mouvement est faible.

Le mouvement considéré est choisi parmi le cavalement, l'embarquée, le pilonnement, le roulis, le tangage ou le lacet du navire N.

A cet effet, on a représenté sur la figure 2 les étapes d'un procédé de prévision d'au moins un mouvement du navire N sous l'effet de la houle de l'étendue d'eau, selon un exemple de mode de réalisation de l'invention.

Le procédé selon l'invention comporte une étape préalable 10 d'estimation d'une direction D de propagation de la houle, ainsi qu'une étape 20 d'estimation d'une vitesse de propagation de cette houle dans ladite direction de propagation D.

Ces étapes d'estimation 10, 20 sont réalisées à l'aide de moyens d'estimation de la direction et de la vitesse de propagation de la houle. De tels moyens sont connus en soi, et ne seront donc pas décrits en détail. Par exemple, ces moyens d'estimation comportent un système de monitoring de type RADAR connu en soi, porté par le navire N, et/ou des bouées adaptées disposées sur l'étendue d'eau pour réaliser des mesures, et propres à communiquer ces mesures au navire N.

Ces étapes d'estimation 10, 20 pourront être réalisées de nouveau à tout moment du procédé de prévision, afin, si nécessaire, de réaliser une mise à jour de la direction D et de la vitesse de propagation de la houle.

5 Une fois la direction D de propagation de la houle connue, le procédé comporte une étape 30 de mesure de l'évolution d'une grandeur caractéristique de la houle, en au moins un point P de mesure situé en amont du navire N dans la direction de propagation D, comme cela est représenté sur la figure 1. L'évolution de la grandeur est mesurée en mesurant périodiquement ladite grandeur.

10 La grandeur mesurée peut être toute grandeur caractéristique de la houle, permettant d'obtenir l'énergie instantanée de la houle, par exemple l'élévation de la surface libre, la vitesse d'élévation de cette surface libre, ou la pression à une hauteur déterminée. On notera que la mesure peut être effectuée en un point P, ou sur un espace délimité, par exemple sur une grille de mesure.

15 Ces mesures peuvent être effectuées à l'aide de moyens connus en soi, tels qu'un système de type RADAR, de type LIDAR, ou autre, porté par le navire, ou par des bouées adaptées disposées sur l'étendue d'eau pour réaliser les mesures, et propres à communiquer ces mesures au navire N.

Dans ce qui suit, on notera $h(t_i)$ une mesure de la grandeur effectuée à un instant $t_i = t_0 + i \cdot dt$, où

20 t_0 est l'instant de la première mesure effectuée,

dt est la période à laquelle sont effectuées les mesures, dite période d'échantillonnage, et

i est le rang de la mesure considérée.

25 L'ensemble des mesures périodiques de la grandeur forme une suite discrète, représentant l'évolution de cette grandeur caractéristique mesurée.

Le procédé comporte ensuite une étape 40 de filtrage de l'évolution de la grandeur caractéristique mesurée, au moyen d'un filtre discret dont les entrées sont les mesures $h(t_i)$ de la grandeur caractéristique mesurée périodiquement, et les sorties représentent l'effet de l'évolution de cette grandeur caractéristique sur le mouvement considéré.

30 On notera que, si l'on souhaite étudier plusieurs mouvements du navire, il est nécessaire de prévoir autant de filtres que de mouvements considérés, afin d'étudier l'effet de la houle sur chacun de ces mouvements.

35 On notera par ailleurs que les mesures étant effectuées en amont du navire, les sorties du filtre correspondent au mouvement fictif, sous l'effet de la houle, d'un navire fictif (désigné par la référence N' sur la figure 1), présentant les mêmes caractéristiques

que le navire N, qui serait situés au niveau du point de mesure P. Dans la suite de la présente description, le signal formé par sorties de ce filtre sera appelé « mouvement fictif amont ».

Dans ce qui suit, la sortie du filtre à un moment t_i sera notée $s(t_i)$.

5 Conformément au mode de réalisation décrit, le filtre choisi est un filtre discret linéaire et causal, présentant la forme suivante :

$$s(t_i) = C \cdot X(t_i) + D \cdot h(t_i), \text{ où}$$

X est une fonction vectorielle causale telle que : $X(t_{i+1}) = A \cdot X(t_i) + B \cdot h(t_i)$, avec

$$X(t_0) = 0, \text{ et}$$

10 A, B, C et D sont des matrices constantes.

Les valeurs des matrices constantes A, B, C et D sont déterminées expérimentalement, et sont choisies pour minimiser l'écart entre les mouvements réels du navire en réponse à la houle, et les mouvements fictifs reconstitués par ce filtre. En particulier, ces valeurs sont fonction des caractéristiques du navire, de la vitesse de ce navire et de l'incidence de la houle par rapport au cap de ce navire, ainsi que du mouvement de navire considéré.

15 Lorsque le mouvement considéré est le roulis du navire, le filtre est par exemple d'ordre 4, à savoir un premier filtre d'ordre 2 permettant d'approximer la résonance mécanique naturelle du navire, et un second filtre d'ordre 2 en cascade permettant d'approximer l'excitation en moment de roulis générée par la houle.

20 Afin d'étudier le signal de mouvement fictif amont, le procédé comporte une étape de calcul d'une enveloppe de ce signal de mouvement fictif amont. A cet effet, on applique une transformée de Hilbert $H(s(t))$ au signal de sortie du filtre $s(t)$, afin d'obtenir la partie imaginaire d'un signal analytique $S_{analytique}(t)$.

25 Ainsi :
$$H(s(t)) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{s(\tau)}{t - \tau} d\tau,$$

Et

$$S_{analytique}(t) = s(t) + i \cdot H(s(t))$$

L'enveloppe du signal $s(t)$, notée $S_{env}(t)$, est la norme du signal analytique.

$$S_{env}(t) = |S_{analytique}(t)|$$

30 Dans le cas d'un signal $s(t)$ discret, l'enveloppe est calculée par l'algorithme suivant:

a) on calcule la transformée de Fourier rapide du signal $S(f) = FFT(s(t))$

b) on calcule un signal $S'(f)$ défini de la manière suivante :

pour les fréquences f positives, $S'(f) = 2 \times S(f)$

pour les fréquences f négatives, $S'(f) = 0$,

pour la fréquence nulle et la fréquence de Shannon, $S'(f) = S(f)$.

5 c) on calcule la transformée inverse du signal $S'(f)$, et on obtient ainsi l'enveloppe
 $S_{env}(t) = IFFT(S'(f))$.

De préférence, la transformée de Hilbert est effectuée sur une fenêtre glissante appliquée au signal de sortie de filtre. Avantageusement, la fenêtre glissante est choisie pour coïncider entre deux passages par zéro, c'est-à-dire que $s(t)=0$ en entrée et en sortie
 10 de la fenêtre. Le signal est ensuite étendu par une opération de miroir qui permet d'assurer une continuité de la fonction périodique et de sa dérivée, et atténue ainsi les effets de fenêtrage. Cette opération de miroir, connue en soi, consiste à considérer que le signal en amont, respectivement en aval, de la fenêtre, est symétrique au signal à l'intérieur de la fenêtre, par rapport au point du signal à l'entrée, respectivement à la
 15 sortie, de la fenêtre.

En effet, en appliquant une simple fenêtre rectangulaire, sans aucun traitement amont, des artéfacts (également appelés effets de bord) apparaissent sur les bords du signal. En revanche, si on effectue l'opération de miroir avant d'appliquer la transformée de Hilbert dans la fenêtre, les discontinuités disparaissent.

20 Grâce à l'enveloppe obtenue, il sera possible de détecter une accalmie de la houle, par rapport au mouvement considéré, c'est-à-dire une accalmie de la houle qui n'entraîne qu'un mouvement considéré suffisamment faible. A cet effet, le procédé comporte une étape 60 de décomposition de l'enveloppe en ondelettes, qui permet d'isoler les plus basses composantes fréquentielles de cette enveloppe.

25 Le nombre de composantes à prendre en considération peut être prédéterminé, ou établi sur un critère de fractions de l'énergie. Par exemple, on pourra utiliser des ondelettes de Meyer.

Le procédé comporte ensuite une étape 70 de détection d'une accalmie de la houle au point de mesure P, cette étape étant réalisée à partir des ondelettes obtenues.

30 Au cours de cette étape de détection 70, l'enveloppe est comparée avec un seuil d'amplitude prédéterminé.

Cette étape de détection 70 prévoit également une mesure d'une durée d'accalmie, c'est-à-dire une durée pendant laquelle cette enveloppe est inférieure au dit seuil d'amplitude prédéterminé.

On considère alors qu'une accalmie est détectée lorsque la durée d'accalmie mesurée est supérieure à un premier seuil de durée prédéterminé.

Lorsqu'une telle accalmie est détectée, on peut considérer qu'elle se propage dans la direction D de propagation de la houle, à la vitesse de propagation de cette houle, donc en direction du navire N.

Le procédé comporte donc ensuite une étape 80 de calcul d'un intervalle de temps entre la détection de l'accalmie de la houle au point de mesure P et un moment où cette accalmie se répercute sur le mouvement du navire N. Ce calcul est notamment effectué en fonction de la vitesse de propagation de la houle estimée précédemment, au cours de l'étape d'estimation 20.

On notera que le calcul de l'intervalle de temps dépend également de la distance du point P par rapport au navire N. Ainsi, si l'on souhaite disposer d'un intervalle de temps suffisamment important pour préparer l'opération, on pourra choisir un point P plus éloigné.

Lorsqu'une opération du navire nécessite sa stabilité selon plusieurs mouvements, on considère que cette opération pourra être effectuée lorsqu'une accalmie sera détectée simultanément pour chacun de ces mouvements.

On notera qu'il peut survenir qu'une accalmie ne se propage pas depuis le point de mesure P jusqu'au navire N, notamment lorsque ce point de mesure P est particulièrement éloigné du navire N. Ainsi, le procédé comporte de préférence, suite à l'étape 80 du calcul de l'intervalle de temps, une étape 90 de calcul d'une probabilité pour que l'accalmie détectée se répercute effectivement sur le mouvement du navire, c'est-à-dire pour que ce mouvement du navire sous l'effet de la houle soit inférieur à un seuil de mouvement prédéterminé pendant une durée supérieure à un second seuil de durée prédéterminée.

Ce second seuil de durée prédéterminée correspond au temps minimal nécessaire pour réaliser l'opération.

Ce calcul est notamment effectué en fonction de la durée de l'accalmie détectée. Cette estimation de probabilité peut être effectuée par calcul, à l'aide de la Théorie de la détection, connue en soi, de formules de probabilités de détection, et de fausses alarmes. En variante, l'estimation de probabilité peut être réalisée par apprentissage, cet apprentissage peut par exemple être effectué en comptant, pour un nombre déterminé d'accalmies détectées, combien se propagent jusqu'au navire, afin d'en déduire un pourcentage.

On a représenté dans le tableau ci-dessous des exemples de probabilités obtenues au cours de tests du procédé selon l'invention.

En particulier, on a considéré un premier seuil de durée (durée d'une accalmie au point P) de 50 secondes, et un second seuil de durée (durée pendant laquelle le mouvement du navire est inférieur au seuil de mouvement prédéterminé) de 40 secondes.

Ainsi, dans le tableau ci-dessous :

- 5
- la première colonne précise la distance du point P au navire N, en mètres
 - chaque double colonne concerne un exemple de mouvement particulier, et comporte :
 - 10
 - o une colonne indiquant l'intervalle de durée mesurée entre l'accalmie au point P et l'accalmie au navire N, en secondes
 - o une colonne indiquant la probabilité d'une accalmie d'au moins 40 seconde au navire lorsqu'une accalmie d'au moins 50 secondes a été détectée au point P, en %.

15 Les mouvements considérés sont le pilonnement, le roulis et le tangage. En effet, une accalmie de ces trois mouvements est généralement nécessaire pour une opération de déploiement ou de récupération d'un drone.

Distance	Pilonnement		Roulis		Tangage	
	Probabilité	Temps	Probabilité	Temps	Probabilité	Temps
480 m	90%	18 s	98%	13 s	90%	31 s
720 m	50%	47 s	90%	40 s	90%	66 s
960 m	55%	76 s	90%	67 s	70%	101 s

20 Il apparaît clairement que, plus le point P est éloigné, et plus la probabilité d'une accalmie au navire est faible, mais plus l'intervalle de temps pour préparer l'opération est grand. La distance du navire au point P sera donc généralement choisie selon le meilleur compromis entre la nécessité d'un intervalle de temps important pour préparer la mission et le souhait d'une probabilité suffisante d'accalmie.

25 On notera que l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation précédemment décrit, et pourrait présenter diverses variantes sans sortir du cadre des revendications.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de prévision d'au moins un mouvement d'un navire (N) sous l'effet de la houle d'une étendue d'eau, caractérisé en ce qu'il comporte :

- 5
- une étape (10) d'estimation d'une direction (D) de propagation de la houle, et une étape (20) d'estimation d'une vitesse de propagation de cette houle dans ladite direction de propagation (D),
 - une étape (30) de mesure de l'évolution d'une grandeur caractéristique de la houle, en au moins un point de mesure (P) situé en amont du navire dans la
 - 10 direction de propagation (D), en mesurant périodiquement ladite grandeur,
 - une étape (70) de détection d'une accalmie de la houle au point de mesure (P), réalisée à l'aide de la mesure de l'évolution de la grandeur caractéristique, cette étape de détection (70) comportant une mesure d'une durée d'une accalmie détectée, et

15 lorsqu'une accalmie de la houle est détectée au point de mesure (P) :

- une étape (80) de calcul d'un intervalle de temps entre la détection de l'accalmie de la houle au point de mesure détectée (P) et un moment où cette accalmie se répercute sur le mouvement du navire (N), ce calcul étant notamment effectué en fonction de la vitesse de propagation estimée de la
- 20 houle.

2. Procédé de prévision selon la revendication 1, comportant :

- suite à l'étape de mesure (30), une étape (40) de filtrage de l'évolution de la grandeur caractéristique mesurée, au moyen d'un filtre discret dont les entrées sont les grandeurs caractéristiques mesurées périodiquement, et les sorties
- 25 formant un signal de sortie représentent l'effet de cette évolution de la grandeur caractéristique sur le mouvement considéré d'un navire fictif (N') qui serait identique au navire (N) et situé au point de mesure (P),
- une étape (50) de calcul d'une enveloppe du signal de sortie du filtre.

3. Procédé de prévision selon la revendication 2, dans lequel l'étape (70) de

30 détection d'une accalmie de la houle au point de mesure (P) comprend :

- une comparaison de l'enveloppe avec un seuil d'amplitude prédéterminé,
 - la mesure de la durée d'accalmie, réalisée en mesurant la durée pendant laquelle l'enveloppe est inférieure audit seuil d'amplitude,
- une accalmie étant considérée comme détectée lorsque ladite durée d'accalmie
- 35 est supérieure à un premier seuil de durée prédéterminé.

4. Procédé de prévision selon la revendication 2 ou 3, dans lequel l'étape (50) de calcul d'une enveloppe comporte l'application d'une transformée de Hilbert au signal de sortie de filtre.

5. Procédé de prévision selon la revendication 4, dans lequel la transformée de Hilbert est effectuée sur une fenêtre glissante appliquée au signal de sortie de filtre, la fenêtre glissante étant choisie pour coïncider entre deux passages par 0.

6. Procédé de prévision selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, comportant, suite à l'étape (50) de calcul d'une enveloppe et préalablement à l'étape (70) de détection d'une accalmie, une étape (60) de décomposition de l'enveloppe en ondelettes.

7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel les ondelettes sont des ondelettes de Meyer.

8. Procédé de prévision selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, dans lequel l'étape de filtrage (40) est réalisée au moyen d'un filtre discret linéaire et causal, et présentant la forme suivante :

$$s(t_i) = C \cdot X(t_i) + D \cdot h(t_i)$$

avec :

$h(t_i)$ la grandeur caractéristique de la houle à un instant de mesure t_i ,

$s(t_i)$ la valeur du signal de sortie de filtre à l'instant de mesure t_i ,

20 $X(t_i)$ une fonction matrice causale de la forme $X(t_{i+1}) = A \cdot X(t_i) + B \cdot h(t_i)$, avec

$X(t_0) = 0$, et

A, B, C et D des matrices constantes.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant, suite à l'étape (80) de calcul de l'intervalle de temps, une étape (90) d'estimation d'une probabilité que le mouvement du navire (N) sous l'effet de la houle, au moment où l'accalmie détectée se répercute sur le mouvement du navire (N), soit inférieur à un seuil de mouvement prédéterminé pendant une durée supérieure à un second seuil de durée prédéterminé, cette estimation étant notamment effectué en fonction de la durée de l'accalmie détectée.

30 10. Procédé de prévision selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la grandeur caractéristique de la houle est choisi parmi une élévation de la surface de l'étendue d'eau au point de mesure, une vitesse d'élévation de la surface de l'étendue d'eau au point de mesure, ou une pression de l'eau au point de mesure.

1/1

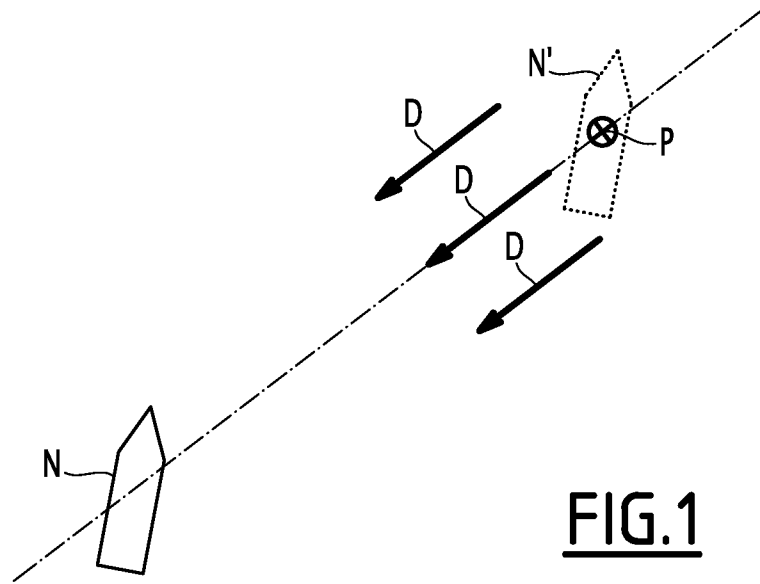


FIG.1

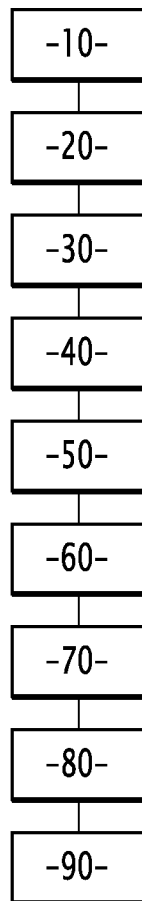


FIG.2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/059871

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B63B39/00
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B63B G01P G05D
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2007 011711 A1 (FALKENHAGEN JOACHIM [DE]) 18 September 2008 (2008-09-18) paragraphs [0038] - [0080] -----	1
A	US 2005/278094 A1 (SWINBANKS MALCOLM A [US] ET AL) 15 December 2005 (2005-12-15) paragraphs [0036] - [0069] -----	1
A	WO 03/075715 A2 (VSSL COMMERCIAL INC [US]; SWINBANKS MALCOLM A [US]; SIMON DAVID E [US]) 18 September 2003 (2003-09-18) paragraphs [0032] - [0046] -----	1

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 24 June 2013	Date of mailing of the international search report 04/07/2013
--	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Brumer, Alexandre
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/059871

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102007011711 A1	18-09-2008	DE 102007011711 A1	18-09-2008
		DE 102007049771 A1	18-09-2008

US 2005278094 A1	15-12-2005	NONE	

WO 03075715 A2	18-09-2003	AU 2003225660 A1	22-09-2003
		EP 1480870 A2	01-12-2004
		JP 2005518993 A	30-06-2005
		JP 2009214879 A	24-09-2009
		US 2004024503 A1	05-02-2004
		WO 03075715 A2	18-09-2003

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2013/059871

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B63B39/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B63B G01P G05D		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	DE 10 2007 011711 A1 (FALKENHAGEN JOACHIM [DE]) 18 septembre 2008 (2008-09-18) alinéas [0038] - [0080] -----	1
A	US 2005/278094 A1 (SWINBANKS MALCOLM A [US] ET AL) 15 décembre 2005 (2005-12-15) alinéas [0036] - [0069] -----	1
A	WO 03/075715 A2 (VSSL COMMERCIAL INC [US]; SWINBANKS MALCOLM A [US]; SIMON DAVID E [US]) 18 septembre 2003 (2003-09-18) alinéas [0032] - [0046] -----	1
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 24 juin 2013		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 04/07/2013
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Brumer, Alexandre

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2013/059871

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102007011711 A1	18-09-2008	DE 102007011711 A1 DE 102007049771 A1	18-09-2008 18-09-2008

US 2005278094 A1	15-12-2005	AUCUN	

WO 03075715 A2	18-09-2003	AU 2003225660 A1 EP 1480870 A2 JP 2005518993 A JP 2009214879 A US 2004024503 A1 WO 03075715 A2	22-09-2003 01-12-2004 30-06-2005 24-09-2009 05-02-2004 18-09-2003
