

Description

[0001] La présente invention est du domaine des aides à la navigation des aéronefs et en particulier des aéronefs.

[0002] La présente invention concerne un procédé et un système d'aide à la navigation pour un aéronef par détection d'objets maritimes en vue d'un vol d'approche, d'une mise en vol stationnaire ou d'un atterrissage ainsi qu'un aéronef équipé d'un tel système.

[0003] La présente invention est notamment destinée aux aéronefs à voilure tournante, désignés également « giravions ».

[0004] Un aéronef à voilure tournante présente l'avantage de pouvoir réaliser des vols stationnaires et se poser sur des aires d'atterrissage de dimensions réduites désignés par exemple « héliport » lorsqu'elles sont situées sur terre et plus généralement « hélisurface ». Une hélisurface peut notamment être une aire d'atterrissage située par exemple sur un navire ou bien sur une plate-forme maritime fixe ou flottante telle qu'une plate-forme pétrolière en mer.

[0005] Une hélisurface peut éventuellement être également utilisée par d'autres types d'aéronefs susceptibles de réaliser des vols sensiblement stationnaires et des atterrissages sensiblement verticaux.

[0006] Une hélisurface en mer, ou plus généralement sur une surface d'eau, peut alors être mobile d'une part suite aux mouvements de la surface de l'eau et des vagues et d'autre part suite aux déplacements du navire ou de la plate-forme pétrolière sur lequel se trouve l'hélisurface.

[0007] Un aéronef peut ainsi se poser sur une hélisurface statique ou mobile, ou bien réaliser un vol stationnaire au-dessus d'un navire ou d'une plate-forme maritime. Dans ce but, un pilote de l'aéronef peut utiliser des informations visuelles pour réaliser une approche et se positionner vis-à-vis du navire, de la plate-forme maritime ou de l'hélisurface.

[0008] Ces informations visuelles comportent notamment la position et les mouvements du navire ou de la plate-forme maritime ainsi que les éléments potentiellement dangereux de ce navire ou de la plate-forme maritime et susceptibles de constituer un obstacle, tels qu'un mât, une grue, une partie haute de forage ou encore une éolienne par exemple. Ces informations visuelles peuvent aussi concerner la position et les mouvements d'autres navires ou d'autres plates-formes maritimes situés à proximité de la cible. Ces informations visuelles permettent au pilote de guider l'aéronef jusqu'à l'hélisurface ou jusqu'à la position de vol stationnaire en évitant des collisions avec des éléments potentiellement dangereux.

[0009] Cependant, les navires et/ou les plates-formes maritimes peuvent être plus ou moins visibles en fonction des conditions climatiques, de la présence de nuages ou de fumées par exemple ou encore de nuit. De même, les mouvements du navire ou de la plate-forme maritime dus

aux mouvements de l'eau peuvent être amplifiés en cas de mauvaises conditions climatiques générant par exemple un vent violent et de fortes vagues.

[0010] Les informations visuelles peuvent être acquises et prises en compte uniquement par le pilote de l'aéronef sans assistance. Le pilotage de l'aéronef est alors réalisé à vue. Les mouvements propres des éléments mobiles dus aux mouvements de l'eau peuvent être difficiles à prendre en compte et à anticiper par le pilote de l'aéronef et constituent à ce titre des dangers potentiels pour les manœuvres de l'aéronef.

[0011] Certains aéronefs comportent un dispositif d'assistance au pilotage muni d'un ou plusieurs dispositifs de détection d'obstacles et/ou d'un ou plusieurs systèmes d'acquisition d'images combinés avec un système de traitement d'images afin de détecter les éléments fixes et/ou mobiles présents dans l'environnement de l'aéronef, et notamment les navires, les plates-formes maritimes et les hélisurfaces.

[0012] Par exemple, le document EP 3125213 décrit un système embarqué d'identification d'hélisurfaces en mouvement. Ce système permet l'affichage de la position des hélisurfaces présentes dans l'environnement d'un aéronef ainsi que d'informations relatives notamment à ses déplacements et son attitude, à savoir ses angles de roulis et de tangage. L'ensemble de ces informations peuvent être extraites d'une base de données de terrain, extraites d'images captées par l'intermédiaire de dispositifs de détection, tels qu'une caméra, un dispositif de type radar ou de type *LIDAR* pour la désignation en langue anglaise « Light Détection And Ranging », par exemple, ou bien être récupérées par l'intermédiaire d'un dispositif de communication.

[0013] On connaît aussi le document EP 3082121 qui décrit un système et un procédé permettant l'affichage de symbologies relatives à des hélisurfaces dans l'environnement d'un aéronef ainsi que des informations relatives aux hélisurfaces telles que leurs dimensions, leur vitesse, leur direction de déplacement et leur attitude par exemple. Ces informations peuvent être fournies d'une part par une base de données de terrain et d'autre part par le porteur de l'hélisurface via un dispositif de communication. Une hélisurface peut être fixe ou mobile, et située sur un porteur terrestre, maritime ou aérien.

[0014] De plus, le document EP 3270365 décrit un dispositif d'aide au pilotage d'un aéronef pour la réalisation d'une phase d'approche en vue d'un atterrissage sur une zone d'atterrissage. Ce dispositif comporte au moins une caméra captant des images de l'environnement et un système de traitement de ces images permettant d'identifier au moins une zone d'atterrissage. Selon ce document, une consigne de vol d'approche vers une zone d'atterrissage identifiée est déterminée. Le vol d'approche peut alors être réalisé automatiquement par l'aéronef.

[0015] Enfin, le document EP 2515285A1 décrit un procédé d'assistance au pilotage d'un aéronef pour un atterrissage sur une hélisurface, en particulier située sur

une plate-forme en mer. Ce procédé d'assistance permet l'affichage sur un écran de visualisation des plates-formes et des hélistructures captées par un moyen d'acquisition, par exemple une caméra numérique ou bien un dispositif de type *LIDAR*. Ce procédé d'assistance suggère d'identifier, par un système de traitement des images captées, les plates-formes connues à l'aide d'une base de données et d'attributs spécifiques à chaque plate-forme, par exemple des moyens de soutènement d'une structure porteuse de la plate-forme, des éléments s'étendant en élévation à partir de la structure porteuse et/ou la position d'une ou plusieurs flammes à l'aplomb de la structure porteuse...

[0016] Cependant, ces dispositifs et procédés d'assistance ne permettent ni la détection d'obstacles potentiellement dangereux, ni la réalisation automatique d'une phase de vol vers l'hélistructure.

[0017] L'art antérieur comporte encore le document US 2016/0284222 décrit un récepteur de radionavigation pour un aéronef pouvant établir une trajectoire de l'aéronef vers une plate-forme ou un point d'intérêt. Ce récepteur peut utiliser un système d'atterrissage aux instruments et/ou un système VOR pour « VHR Omni-Ranging ». Ce récepteur peut aussi utiliser un système de type AIS cumulé éventuellement avec un radar météorologique pour détecter des obstacles, tels que des navires, des plates-formes ou des phares et déterminer leurs positions et leurs vitesses éventuelles. Le récepteur de navigation peut aussi comporter un récepteur de localisation par satellites pour déterminer la position et la vitesse de l'aéronef. Un pilote de l'aéronef peut sélectionner un objet d'intérêt vers lequel une trajectoire peut être établie.

[0018] On connaît aussi le document US 2014/0365044 qui décrit un procédé d'approche d'une plate-forme élaborant une trajectoire d'approche vers une position théorique de la plate-forme. Dans ce but, ce procédé comporte une étape de consolidation de la trajectoire de l'aéronef en déterminant notamment la position courante de la plate-forme et une étape de sécurisation déterminant la position et la vitesse des objets situés dans une zone de surveillance. Une représentation de la trajectoire et des objets détectés est affichée sur un écran.

[0019] Enfin, le document FR 3061343 décrit un système d'aide à l'atterrissage d'un aéronef à voilure tournante sur une plate-forme maritime. Le système d'aide à l'atterrissage propose, en fonction d'une représentation de la zone survolée, de continuer le vol, de l'interrompre ou de modifier les paramètres d'approche de l'aéronef, notamment l'axe d'approche et/ou la distance d'approche.

[0020] Par ailleurs, l'arrière plan technologique de l'invention comporte notamment les documents WO 2018/182814, EP 2824529 et US 2018/0211549.

[0021] Le document WO 2018/182814 décrit un système de protection d'une enveloppe de vol d'un aéronef en vérifiant la conformité des trajectoires envisagées

pour l'aéronef vis-à-vis de l'enveloppe de vol de l'aéronef.

[0022] Le document EP 2824529 décrit un procédé et un dispositif d'émission d'alertes pour l'évitement de terrain pour un aéronef à voilure tournante en générant une alerte en cas de potentielles collisions entre des trajectoires potentielles d'un aéronef avec le sol et/ou des obstacles hors sol. Les positions du sol et des obstacles hors sol sont extraites d'une base de données.

[0023] Le document US 2018/0211549 décrit un procédé de gestion de trafic aérien consistant à déterminer la position d'un aéronef et à recevoir les positions d'autres aéronefs. Ensuite, un risque de collision entre cet aéronef et un ou plusieurs autres aéronefs peut être détecté et une instruction d'action d'évitement pour l'aéronef peut être générée en vue d'éviter la collision. Un risque de collision entre deux aéronefs peut être avéré par exemple lorsqu'il y a un risque de collision entre deux enveloppes de sécurité cylindriques définies respectivement autour de chaque aéronef.

[0024] La présente invention a alors pour objet un procédé et un système d'aide à la navigation pour un aéronef par détection d'objets maritimes fixes et mobiles en vue d'un vol d'approche en direction d'un objet maritime, d'un atterrissage sur une hélistructure en mer ou de la réalisation d'un vol stationnaire au dessus d'un navire ou d'une plate-forme maritime permettant de s'affranchir des limitations mentionnées ci-dessus.

[0025] La présente invention vise également un aéronef équipé d'un tel système.

[0026] La présente invention est notamment destinée aux aéronefs à voilure tournante. La présente invention peut également être destinée à tout type d'aéronefs susceptibles de réaliser des vols sensiblement stationnaires et des atterrissages sensiblement verticaux.

[0027] Dans le cadre de l'invention, et par souci de simplification, le terme « objet » est utilisé par la suite pour désigner une construction ou un véhicule maritime situé en mer ou bien sur toute surface d'eau, par exemple un lac ou une rivière. Un véhicule maritime peut notamment être un navire, et une construction maritime peut être une plate-forme maritime ou encore une éolienne par exemple. De même, le terme « mer » est utilisé de façon générale pour désigner une surface d'eau et peut à ce titre être remplacé par toute surface d'eau, notamment un lac ou une rivière.

[0028] La présente invention a ainsi pour but d'une part, de détecter des objets maritimes fixes et mobiles, tels des navires ou des plates-formes maritimes ainsi qu'éventuellement une hélistructure, dans l'environnement de l'aéronef et, d'autre part, de réaliser une phase de vol particulière de l'aéronef par rapport à un tel objet, par exemple un vol d'approche en direction d'un point objectif, un vol stationnaire au dessus d'un objet ou bien un atterrissage sur une hélistructure en mer, en prenant en compte ces objets et leurs mouvements éventuels.

[0029] La présente invention vise ainsi un procédé d'aide à la navigation pour un aéronef par détection d'objets maritimes fixes et mobiles. Cet aéronef comporte par

exemple :

- au moins un dispositif de localisation fournissant une position et/ou une vitesse absolue de l'aéronef,
- au moins une centrale inertielle fournissant une attitude de l'aéronef, l'attitude comportant au moins un angle de roulis et un angle de tangage de l'aéronef,
- un dispositif de pilotage automatique,
- au moins un dispositif de visualisation,
- au moins un système de détection configuré pour la détection d'objets maritimes fixes et mobiles, et
- au moins un calculateur.

[0030] Le dispositif de localisation comporte par exemple un dispositif de localisation GNSS par satellites pour la désignation en langue anglaise « Global Navigation Satellite System ». La centrale inertielle comporte par exemple un dispositif de type AHRS pour la désignation en langue anglaise « Attitude and Heading Reference System ».

[0031] Le calculateur peut être par exemple dédié à la réalisation de ce procédé selon l'invention ou bien partagé avec d'autres fonctions de l'aéronef et intégré à ce titre à un système avionique de l'aéronef. Le calculateur peut comporter par exemple au moins un processeur et au moins une mémoire, au moins un circuit intégré, au moins un système programmable ou bien au moins un circuit logique, ces exemples ne limitant pas la portée donnée à l'expression « calculateur ». La mémoire peut par exemple stocker un ou plusieurs segments de codes ou algorithmes afin de réaliser le procédé selon l'invention ainsi qu'une ou plusieurs bases de données.

[0032] Le procédé selon l'invention est remarquable en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- surveillance d'une zone de surveillance sur la mer par l'intermédiaire dudit au moins un système de détection,
- détection d'au moins un objet dans la zone de surveillance et estimation de sa position relativement à l'aéronef par l'intermédiaire dudit au moins un système de détection,
- sélection d'au moins un objet à suivre et d'un point objectif sur un objet à suivre,
- détermination d'une position et d'une attitude de l'aéronef dans un repère terrestre,
- détermination des positions et des mouvements dudit au moins un objet à suivre ainsi que des positions et des mouvements du point objectif relativement à l'aéronef sur une durée glissante,
- transfert des positions et des mouvements dudit au moins un objet à suivre ainsi que des positions et des mouvements du point objectif d'un repère lié à l'aéronef vers le repère terrestre,
- estimation d'une enveloppe de sécurité attachée à chaque objet à suivre à partir des positions et des mouvements de cet objet à suivre dans le repère terrestre, ladite enveloppe de sécurité se situant

autour de chaque objet à suivre et prenant en compte les mouvements de chaque objet à suivre sur la durée glissante (Δt_{1-2}), et

- réalisation d'une phase de vol particulière de l'aéronef par rapport au point objectif en respectant une distance de sécurité vis-à-vis de l'enveloppe de sécurité attachée à chaque objet à suivre.

[0033] De la sorte, le procédé selon l'invention permet de détecter et d'identifier, dans une zone de surveillance en mer vers laquelle l'aéronef est susceptible de se diriger, tout objet fixe ou en mouvement et de suivre les déplacements d'au moins certains de ces objets après leur sélection. Ces objets peuvent comporter un navire au mouillage ou en progression, une plate-forme, par exemple fixe ou flottante, ou tout objet susceptible de se trouver en mer et pouvant notamment constituer un danger pour le vol de l'aéronef.

[0034] Ainsi, la connaissance de la position des objets situés dans la zone ainsi que de leurs mouvements dus aussi bien à leurs déplacements qu'aux mouvements de la surface de la mer et des vagues permet avantageusement de prendre en compte ces objets afin, d'une part, de réaliser la phase de vol particulière de l'aéronef par rapport au point objectif et, d'autre part, d'éviter toute collision entre l'aéronef et ces objets fixes ou mobile lors de la phase de vol finale de l'aéronef.

[0035] L'étape de surveillance de la zone de surveillance en mer est effectuée par l'intermédiaire d'au moins un système de détection. Cette étape est effectuée pendant le vol de l'aéronef.

[0036] De même, l'étape de détection d'au moins un objet dans la zone de surveillance et d'estimation de sa position relativement à l'aéronef est réalisée par l'intermédiaire dudit au moins un système de détection.

[0037] L'étape de détection d'au moins un objet dans la zone de surveillance et d'estimation de sa position peut être réalisée simultanément à l'étape de surveillance ou bien après cette étape de surveillance. Un système de détection permet aussi bien la surveillance de la zone de surveillance en mer, la détection d'au moins un objet fixe ou mobile que l'estimation de la position de chaque objet détecté relativement à l'aéronef.

[0038] Un système de détection peut comporter au moins un détecteur électromagnétique, optique ou encore acoustique. Un système de détection peut par exemple comporter un dispositif de détection de type radar, au moins un dispositif de détection de type ultrasons, au moins un dispositif de détection de type *LIDAR* ou au moins un dispositif de détection de type *LEDDAR* pour la désignation en langue anglaise « LED Détection And Ranging » et/ou au moins un dispositif de détection à infrarouge. Un dispositif de détection de type radar ou à ultrasons emploie par exemple des ondes alors qu'un dispositif de détection de type *LIDAR*, *LEEDAR* ou à infrarouge utilise un faisceau de lumière.

[0039] Un système de détection peut aussi comporter une caméra et un calculateur. Une telle caméra peut être

par exemple une caméra fournissant des images en deux dimensions ou bien une caméra en trois dimensions. Un système de détection peut aussi comporter plusieurs caméras et un ordinateur afin de construire, par l'intermédiaire du ordinateur et à partir des images en deux dimensions fournies par chaque caméra, une image en trois dimensions de l'environnement de l'aéronef et des objets maritimes.

[0040] Le ordinateur permet d'analyser les images fournies par la ou les caméras, par des processus connus d'analyse d'image et de reconnaissance de forme par exemple, afin, d'une part, de détecter des objets et, d'autre part, de déterminer, la position, les mouvements et la vitesse de chaque objet détecté. De la sorte, une ou plusieurs caméras associées à un ordinateur peuvent être considérées en tant qu'un dispositif de détection à part entière.

[0041] Ce ordinateur peut être dédié au système de détection ou bien être partagé par exemple pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention ou encore avec d'autres fonctions de l'aéronef.

[0042] Un dispositif de détection de types radar, ultrasons, LEDDAR ou LIDAR intègrent généralement une unité de calcul permettant de traiter directement et rapidement les informations captées et peut détecter un objet et de fournir quasi instantanément et de façon précise sa position, voire ses mouvements et sa vitesse.

[0043] Les dimensions de la zone de surveillance sont définies par l'implantation dudit au moins un système de détection sur l'aéronef ainsi que par et sa portée. De la sorte, une zone de surveillance peut par exemple être formée pour toute la zone située autour de l'aéronef sur une distance prédéterminée égale à la portée de chaque système de détection utilisé, par exemple de l'ordre de plusieurs centaines de mètres à plusieurs kilomètres. Une zone de surveillance peut aussi être limitée à un secteur situé par exemple à l'avant de l'aéronef, ayant un angle de secteur et une longueur prédéterminés.

[0044] Un dispositif de détection peut être à longues portées de détection, typiquement supérieure à un kilomètre. Un dispositif de détection de type radar ainsi que certaines caméras optiques permettent de couvrir de telles longues portées.

[0045] Un dispositif de détection peut être à moyennes ou à courtes portées de détection, typiquement inférieure à un kilomètre. Un dispositif de détection de type LEDDAR ou LIDAR, ainsi que certaines caméras optiques permettent de couvrir de telles moyennes ou courtes portées.

[0046] De façon générale, un ordinateur intégré au système de détection peut analyser les informations fournies un ou plusieurs dispositifs de détection et/ou par une ou plusieurs caméras en utilisant par exemple des méthodes connues de traitement d'informations et/ou d'analyse d'images afin de détecter la présence d'un ou plusieurs objets et d'estimer leurs positions respectives par rapport à l'aéronef, à savoir dans un repère local lié à l'aéronef désigné par la suite «repère aéronef ».

[0047] De la sorte, indépendamment du ou des dispositifs de détection utilisés, la présence d'un objet est détectée et sa position par rapport à l'aéronef est estimée par au moins un dispositif de détection éventuellement aidé par un ordinateur, chaque dispositif de détection étant agencé sur l'aéronef. La position d'un objet peut être estimée à partir des informations fournies par un seul dispositif de détection ou bien en combinant les informations fournies par plusieurs dispositifs de détection d'un même type ou de types différents.

[0048] Ensuite, une étape de sélection d'au moins un objet à suivre et d'un point objectif sur un objet à suivre est effectuée. Cette sélection peut notamment être effectuée manuellement par un occupant de l'aéronef, par exemple un pilote ou un copilote, ou bien automatiquement. Cette sélection d'au moins un objet à suivre permet par exemple de sélectionner les objets potentiellement dangereux pour le vol de l'aéronef et/ou situé à proximité du point objectif vers lequel l'aéronef va se diriger, ou encore une hélicoptère sur laquelle se trouve le point objectif et sur laquelle l'aéronef peut envisager d'atterrir. Le point objectif est un point spécifique d'un objet vers lequel l'aéronef va se diriger selon une phase de vol particulière en réalisant par exemple d'un vol d'approche en direction du point objectif, un atterrissage sur ce point objectif ou bien un vol stationnaire au-dessus de ce point objectif.

[0049] L'étape de détermination de la position et de l'attitude de l'aéronef est alors effectuée par l'intermédiaire du dispositif de localisation permettant notamment de fournir la position et/ou la vitesse de l'aéronef et par l'intermédiaire de la centrale inertielle fournissant l'attitude de l'aéronef. Le dispositif de localisation peut fournir simultanément la position et la vitesse de l'aéronef dans un repère terrestre. Le dispositif de localisation peut aussi fournir uniquement la position de l'aéronef dans le repère terrestre, sa vitesse pouvant être calculée à partir de positions successives de l'aéronef, par exemple sur la durée glissante ou toute autre durée. De même, le dispositif de localisation peut fournir uniquement la vitesse de l'aéronef dans le repère terrestre, la position de l'aéronef étant alors calculée par intégration de cette vitesse.

[0050] L'attitude d'un aéronef comporte notamment un angle de roulis et un angle de tangage de l'aéronef. Une centrale inertielle peut mesurer par exemple les accélérations de l'aéronef en trois dimensions et en déduire par une double dérivation les angles de roulis et de tangage de l'aéronef. La position et l'attitude de l'aéronef sont déterminées dans un repère terrestre. Les positions et l'attitude de l'aéronef déterminées successivement sont stockées par exemple dans une mémoire du ordinateur.

[0051] Le repère terrestre peut être par exemple un repère géographique local ou un repère en absolu (L,G,Z).

[0052] Le dispositif de localisation comporte par exemple un dispositif de localisation GNSS par satellites pour la désignation en langue anglaise « Global Navigation

Satellite System ». La centrale inertielle comporte par exemple un dispositif de type AHRS pour la désignation en langue anglaise « Attitude and Heading Reference System ».

[0053] Le dispositif de localisation peut de plus comporter un dispositif de mesure d'une hauteur Z_{radio} de l'aéronef par rapport à la surface de l'eau survolé par l'aéronef permettant d'une part de détecter la surface de l'eau et d'autre part de mesurer une distance généralement verticale, à savoir une hauteur, entre l'aéronef et ladite surface de l'eau. Un tel dispositif de mesure d'une hauteur Z_{radio} est par exemple un radioaltimètre ou un radar altimétrique.

[0054] L'étape de détermination des positions et des mouvements de chaque objet et du point objectif relativement à l'aéronef est effectuée uniquement pour les objets à suivre et le point objectif par l'intermédiaire dudit au moins un système de détection. Ces mouvements comportent notamment des variations des angles de roulis et de tangage ainsi qu'une variation de hauteur de chaque objet dues notamment aux mouvements de la surface de la mer et aux vagues. De plus, cette étape est effectuée sur une durée glissante généralement prédéterminée, par exemple une durée de 2 à 4 secondes. Les positions et les mouvements de chaque objet à suivre et du point objectif sont déterminés durant cette durée glissante dans le repère terrestre et sont stockés dans une mémoire du calculateur par exemple.

[0055] La variation de hauteur d'un objet est constituée par la variation, sur la durée glissante, de la position d'un point de l'objet selon une direction sensiblement verticale ou en élévation d'un repère, par exemple le repère terrestre ou le repère aéronef. Cette variation de hauteur peut aussi être égale à une valeur moyenne de plusieurs mesures d'une telle variation de la position de plusieurs points d'un même objet.

[0056] De même, les variations des angles de roulis et de tangage de chaque objet sont constituées par les variations angulaires, sur la durée glissante, d'un point de l'objet autour respectivement des axes de roulis et de tangage de l'objet. Ces variations des angles de roulis et de tangage peuvent aussi être égales à des valeurs moyennes de plusieurs mesures de variations angulaires de plusieurs points d'un même objet.

[0057] L'expression « durée glissante » signifie que l'étape de détermination s'enchaîne selon une fréquence de réalisation indépendamment de cette durée glissante et sans attendre la fin d'une durée glissante. Par exemple, toutes les 0.5 secondes, une étape de détermination est réalisée pendant une durée glissante de 2 à 4 secondes.

[0058] L'étape de détermination des positions et des mouvements de chaque objet à suivre et du point objectif peut être réalisée de façon identique quelle que soit la phase de vol particulière, en utilisant des informations fournies par le système de détection et en appliquant le même algorithme indépendamment de la phase de vol particulière afin de déterminer des positions et des mou-

vements de chaque objet relativement à l'aéronef.

[0059] En outre, indépendamment du dispositif de détection utilisé que comporte le système de détection, l'étape de détermination des positions et des mouvements de chaque objet à suivre et du point objectif peut appliquer un algorithme spécifique en fonction de la phase de vol particulière envisagée afin notamment que la précision de ces positions et ces mouvements de chaque objet à suivre et du point objectif soit adaptée à cette phase de vol particulière. Par exemple, lorsque la phase de vol particulière est une phase d'atterrissage ou un vol stationnaire, cette étape de détermination peut utiliser une ou plusieurs transformées de Hough permettant d'obtenir des positions et des mouvements précis. De la sorte, l'étape d'estimation peut comporter une reconstruction des points élevés rectilignes caractéristiques de chaque objet identifié à l'aide d'une ou plusieurs transformées de Hough avec une logique à seuil afin de s'assurer de la validité des informations fournies par ledit au moins un dispositif de détection.

[0060] En outre, indépendamment de l'algorithme utilisé, l'étape de détermination des positions et des mouvements de chaque objet à suivre et du point objectif peut utiliser un ou des dispositifs de détection différents que comporte le système de détection en fonction de la phase de particulière à réaliser. Par exemple, une ou plusieurs caméras associées à un processus d'analyse d'image et/ou un dispositif de détection type radar, constituant des dispositifs de détection à longues portées, peuvent être utilisées lorsque la phase de vol particulière est un vol d'approche. Selon un autre exemple, au moins un dispositif de détection de type LIDAR, éventuellement combiné à une ou plusieurs caméras, constituant des dispositifs de détection à courtes ou moyennes portées, peut être utilisé lorsque la phase de vol particulière est une phase d'atterrissage ou un vol stationnaire.

[0061] Ensuite, l'étape de transfert des positions et des mouvements de chaque objet à suivre ainsi que de la position et des mouvements du point objectif déterminés précédemment durant la durée glissante relativement à l'aéronef, à savoir dans un repère aéronef, est effectuée de ce repère aéronef vers le repère terrestre local. Ce transfert utilise les positions et l'attitude successives de l'aéronef stockées dans la mémoire. Un tel transfert est réalisé de façon connue.

[0062] Dès lors, l'étape d'estimation d'une enveloppe de sécurité attachée à chaque objet à suivre est réalisée à partir des positions et des mouvements de chaque objet à suivre dans le repère terrestre local. Chaque enveloppe de sécurité est ainsi estimée en prenant en compte les positions et les mouvements de chaque objet à suivre déterminés précédemment durant la durée glissante et transférés dans le repère terrestre local. Chaque enveloppe de sécurité comporte tous les éléments caractéristiques de l'objet maritime, en particulier les éléments potentiellement dangereux et susceptibles de constituer un obstacle au vol de l'aéronef, tels qu'un mât, une grue, une partie haute de forage ou une éolienne par exemple.

[0063] L'étape d'estimation d'une enveloppe de sécurité autour de chaque objet à suivre est effectuée par une construction d'une enveloppe de sécurité en trois dimensions. L'enveloppe de sécurité est construite autour d'un profil de l'objet et prend donc en compte les variations de hauteur et d'attitude de l'objet sur la durée glissante. Le profil de l'objet est construit pour des valeurs moyennes de hauteur et d'attitude de l'objet sur la durée glissante à l'aide des hauteurs mesurées induites par les mouvements observés de la mer ainsi que par le déplacement de l'objet lui-même. L'enveloppe de sécurité est par exemple construite par une extrapolation tridimensionnelle prenant en compte les translations de l'objet, à savoir les variations de hauteurs et de positions horizontales, et les rotations de l'objet, à savoir les variations des angles de roulis et de tangage, détectées pendant la durée glissante.

[0064] Enfin, l'étape de réalisation d'une phase de vol particulière de l'aéronef par rapport au point objectif est réalisée en respectant une distance de sécurité vis-à-vis des enveloppes de sécurité de chaque objet à suivre. De la sorte, la phase de vol particulière de l'aéronef peut être réalisée en sécurité vis-à-vis des objets maritimes situés sur la trajectoire de l'aéronef, en particulier vis-à-vis des objets susceptibles d'être dangereux pour l'aéronef durant la phase de vol particulière. Cette sécurité est assurée à travers les enveloppes de sécurité qui prennent avantagement en compte les mouvements de chaque objet à suivre.

[0065] La phase de vol particulière de l'aéronef par rapport au point objectif peut être par exemple un vol d'approche en direction du point objectif permettant de s'approcher du point objectif à une distance préétablie inférieure à un kilomètre, par exemple comprise entre 100 et 200 mètres.

[0066] La phase de vol particulière de l'aéronef par rapport au point objectif peut aussi être une phase d'atterrissage sur le point objectif formé alors par une hélicurface par exemple ou bien une phase de vol stationnaire au dessus du point objectif formé par une hélicurface ou tout point d'un objet afin de réaliser par exemple un hélitreuillage, une opération de secours ou bien de ravitaillement... La phase de vol particulière peut également combiner deux phases de vol distinctes. Par exemple, la phase de vol particulière peut comporter dans un premier temps un vol d'approche en direction du point objectif jusqu'à une distance préétablie du point objectif, puis dans un second temps une phase d'atterrissage sur le point objectif ou bien une phase de vol stationnaire au dessus du point objectif.

[0067] Le choix de la phase de vol particulière, peut être défini via une interface de saisie, par exemple avant le décollage de l'aéronef ou bien en vol, par exemple au cours de l'étape de sélection d'au moins un objet à suivre et du point objectif. De même, lors d'un vol stationnaire, la hauteur du vol stationnaire au dessus du point objectif est variable selon le type d'opération à réaliser. Cette hauteur peut donc être définie par exemple lors du choix

de la phase de vol particulière.

[0068] Le procédé d'aide à la navigation pour un aéronef par détection d'objets maritimes fixes et mobiles peut de plus comprendre une ou plusieurs des caractéristiques qui suivent, prises seules ou en combinaison.

[0069] Selon un aspect, l'étape de réalisation d'une phase de vol particulière de l'aéronef par rapport au point objectif peut comporter les sous-étapes suivantes :

- 10 - affichage des enveloppes de sécurité de chaque objet à suivre et du point objectif sur le dispositif de visualisation, et
- pilotage manuel de l'aéronef par un pilote de l'aéronef de sorte à réaliser la phase de vol particulière.

[0070] L'affichage des enveloppes de sécurité attachées respectivement aux objets à suivre et du point objectif est réalisé sur au moins un dispositif de visualisation de l'aéronef. Un dispositif de visualisation est par exemple un écran agencé sur le tableau de bord de l'aéronef et peut par afficher uniquement les enveloppes de sécurité et le point objectif. Un tel dispositif de visualisation peut également afficher une image des objets à suivre, captée par exemple par une caméra du système de détection ou bien une caméra indépendante du système de détection. Les enveloppes de sécurité et le point objectif sont alors affichés en surimpression de cette image, en particulier en surimpression par rapport aux objets à suivre.

[0071] Un dispositif de visualisation peut aussi être un affichage tête haute, par exemple une visière d'un casque ou encore une partie du parebrise de l'aéronef. Dans ce cas, le pilote de l'aéronef a une vision directe des objets à suivre. L'affichage des enveloppes de sécurité et du point objectif sont alors affichés en surimpression de cette vue du pilote, en particulier en surimpression par rapport aux objets à suivre.

[0072] L'étape d'affichage permet ainsi à un occupant de l'aéronef, et au pilote ou au copilote en particulier, de visualiser avantagement le point objectif et chaque objet à suivre avec l'enveloppe de sécurité attachée à cet objet en prenant en compte les positions et les déplacements éventuels des objets à suivre ainsi que leurs mouvements dus aux mouvements de la surface de la mer et aux vagues. Le pilote peut alors piloter manuellement l'aéronef par rapport au point objectif en prenant en compte ces enveloppes de sécurité de sorte à réaliser la phase de vol particulière de l'aéronef en sécurité.

[0073] De plus, un vecteur vitesse correspondant au déplacement éventuel de chaque objet à suivre peut être affiché afin d'indiquer au pilote de l'aéronef la direction de déplacement éventuel de cet objet.

[0074] Les positions d'affichage des enveloppes de sécurité, du point objectif et éventuellement du vecteur vitesse sur un dispositif de visualisation sont déterminées par le calculateur en fonction des informations fournies par au moins un dispositif de localisation, au moins une centrale inertielle et au moins le système de détection.

[0075] Selon un aspect, l'étape de réalisation d'une phase de vol particulière de l'aéronef par rapport au point objectif peut comporter les sous-étapes suivantes :

- détermination d'une trajectoire de vol par rapport au point objectif en respectant une distance de sécurité vis-à-vis de l'enveloppe de sécurité attachée à chaque objet à suivre, et
- suivi automatique de trajectoire de vol par le dispositif de pilotage automatique de l'aéronef de sorte à réaliser la phase de vol particulière selon la trajectoire de vol.

[0076] Cette trajectoire de vol est destinée à la réalisation de la phase de vol particulière par rapport au point objectif et est déterminée par exemple par le calculateur en utilisant des algorithmes connus d'établissement d'une trajectoire de vol en prenant en compte l'enveloppe de sécurité attachée à chaque objet à suivre se trouvant à proximité de l'aéronef et sur la route conduisant au point objectif ainsi qu'une distance de sécurité entre cette trajectoire de vol et chaque enveloppe de sécurité. Le dispositif de pilotage automatique de l'aéronef utilise ensuite comme consigne cette trajectoire de vol afin de suivre cette trajectoire de vol de sorte à réaliser de façon automatique la phase de vol particulière par rapport au point objectif en restant au minimum à une distance égale à la distance de sécurité de chaque enveloppe de sécurité évitant ainsi avantageusement toute collision avec un objet à suivre.

[0077] La distance de sécurité peut être prédéterminée et constante pour chaque objet à suivre.

[0078] La distance de sécurité peut aussi être variable d'un objet à suivre à l'autre, en fonction des dimensions de l'enveloppe de sécurité de cet objet, et en particulier des variations de hauteur et des angles de roulis et de tangage sur la durée glissante. En effet, plus les dimensions d'une enveloppe de sécurité d'un objet à suivre sont importantes, plus cet objet est soumis à des variations importantes de son angle de roulis, de son angle de tangage et/ou de sa hauteur. En conséquence, afin de sécuriser la phase de vol particulière de l'aéronef, la distance de sécurité peut être augmentée lorsque les dimensions d'une enveloppe de sécurité d'un objet à suivre sont importantes.

[0079] Une enveloppe d'exclusion pour chaque objet à suivre dans lequel l'aéronef ne doit pas pénétrer afin d'assurer la sécurité du vol de l'aéronef peut ainsi être formée pour chaque objet par l'enveloppe de sécurité attachée à cet objet augmentée de la distance de sécurité dans toutes les directions.

[0080] Lors de l'application de cette trajectoire de vol, le dispositif de pilotage automatique de l'aéronef adaptera ainsi avantageusement la vitesse, l'attitude et l'altitude de l'aéronef en fonction des dimensions des enveloppes de sécurité et donc des positions et des mouvements propres de chaque objet maritime détecté et sélectionné ainsi que de la position et des mouvements du

point objectif.

[0081] De plus, chaque enveloppe de sécurité étant déterminée sur une durée glissante, et donc remise à jour de façon sensiblement continue, à une fréquence d'échantillonnage près, les changements de cap, de vitesse des objets ainsi que les mouvements dus à la mer et aux vagues sont pris en compte en temps réel afin de garantir une sécurisation maximale de la trajectoire de vol déterminée. La trajectoire de vol permet de la sorte d'assurer un guidage totalement asservi pendant la phase de vol particulière avec les mouvements et les déplacements de chaque objet à suivre.

[0082] Notamment, lorsque la phase de vol particulière est un vol stationnaire au-dessus du point objectif, l'utilisation de ces enveloppes de sécurité permet d'asservir le plus possible la position relative de l'aéronef vis-à-vis du point objectif afin de maintenir une hauteur sensiblement constante entre l'aéronef et le point objectif.

[0083] Bien entendu, le pilote de l'aéronef peut à tout moment reprendre en main les commandes de l'aéronef afin de diriger lui-même le vol de l'aéronef par rapport au point objectif ou en cas de changement de point objectif par exemple.

[0084] En outre, une étape d'affichage des enveloppes de sécurité de chaque objet à suivre et du point objectif sur un dispositif de visualisation peut être réalisée y compris lorsque la phase de vol particulière est réalisée automatiquement. De la sorte, le pilote de l'aéronef peut visualiser les enveloppes de sécurité et le point objectif, notamment dans le cas où le pilote a besoin de reprendre en main les commandes de l'aéronef.

[0085] Par ailleurs, deux phases de vol particulières peuvent être enchaînées de façon automatique sans que le procédé selon l'invention soit arrêté, à savoir en conservant notamment la sélection précédemment effectuée d'au moins un objet à suivre et d'un point objectif sur un objet à suivre. De la sorte, un vol d'approche peut dans un premier temps être réalisée en direction du point objectif jusqu'à la distance préétablie, puis une phase de vol stationnaire au-dessus du point objectif ou bien une phase d'atterrissage sur le point objectif est réalisée.

[0086] Selon un aspect, l'étape d'estimation d'une enveloppe de sécurité peut comporter les sous-étapes suivantes :

- détermination d'un mouvement propre caractérisé par un vecteur vitesse pour chaque objet à suivre sur la durée glissante,
- estimation de variations des angles de roulis $\delta\varphi$ et de tangage $\delta\theta$ et d'une variation de hauteur δh de chaque objet à suivre sur la durée glissante,
- détermination d'un centre de mouvement de chaque objet à suivre par rapport aux variations des angles de roulis $\delta\varphi$ et de tangage $\delta\theta$ sur la durée glissante, et
- estimation d'une enveloppe de sécurité autour de chaque objet à suivre et en prenant en compte le du centre de mouvement pour chaque objet à suivre en fonction de la variation de hauteur δh et des varia-

tions des angles de roulis $\delta\varphi$ et de tangage $\delta\theta$ de chaque objet à suivre sur la durée glissante.

[0087] La sous-étape de détermination d'un mouvement propre est réalisée à partir des informations fournies par ledit au moins un système de détection sur la durée glissante, par une analyse et une exploitation de ces informations. Par exemple, l'application sur ces informations d'une méthode différentielle moyennée avec un filtre de Kalman sur une séquence « roulante » correspondant à la durée glissante est réalisée au cours de cette sous-étape de détermination d'un mouvement propre. D'autres méthodes peuvent être utilisées telles que des méthodes utilisant des flots optiques par exemple.

[0088] De même, la sous-étape d'estimation des variations des angles de roulis $\delta\varphi$ et de tangage $\delta\theta$ et de la variation de hauteur δh de chaque objet est réalisée à partir des informations fournies par ledit au moins un système de détection sur la durée glissante, par une analyse et une exploitation de ces informations.

[0089] Ensuite, lors de la sous-étape de détermination d'un centre de mouvement de chaque objet à suivre, la connaissance des valeurs des variations des angles de roulis $\delta\varphi$ et de tangage $\delta\theta$ pour chaque objet à suivre sur la durée glissante permet de déterminer le centre de mouvement pour chaque objet à suivre. Un centre de mouvement peut correspondre par exemple au centre de rotation instantanée d'un objet. Ce centre de mouvement peut être déterminé par exemple à partir d'un angle de roulis moyen φ_{moy} et d'un angle de tangage moyen θ_{moy} sur la durée glissante.

[0090] Enfin, la sous-étape d'estimation d'une enveloppe de sécurité autour de chaque objet à suivre et en prenant en compte le centre de mouvement pour chaque objet à suivre permet la construction d'une enveloppe de sécurité en trois dimensions pour chaque objet à suivre. Chaque enveloppe de sécurité est positionnée à la position de l'objet à suivre à la fin de la durée glissante et autour d'une position moyenne de l'objet à suivre, à savoir avec un angle de roulis moyen φ_{moy} , un angle de tangage moyen θ_{moy} et une hauteur moyenne h_{moy} . Chaque enveloppe de sécurité couvre l'amplitude de la variation de hauteur δh et des variations des angles de roulis $\delta\varphi$ et de tangage $\delta\theta$ de l'objet à suivre sur la durée glissante. Chaque enveloppe de sécurité permet ainsi de prendre en compte les mouvements subis par l'objet à suivre pendant la durée glissante.

[0091] De plus, la sous-étape d'estimation de ladite enveloppe de sécurité peut également prendre en compte une variation verticale d'eau δm de la surface de l'eau, correspondant notamment à la hauteur de la houle ou des vagues sur la durée glissante afin d'anticiper l'effet de cette variation verticale d'eau δm sur chaque objet à suivre et en particulier sur la variation de hauteur δh de chaque objet à suivre. En effet, en connaissant la variation verticale d'eau δm de la surface de l'eau en amont d'un objet, il est possible avantageusement d'anticiper la variation de hauteur δh de chaque objet à suivre qui

sera provoquée par cette variation verticale d'eau δm de la surface de l'eau. Cette variation verticale d'eau δm de la surface de l'eau peut être mesurée sur la durée glissante par ledit au moins un système de détection. Cette variation verticale de l'eau est définie de préférence selon une direction verticale ou en élévation d'un repère terrestre.

[0092] Selon un aspect, le procédé selon l'invention peut comporter au moins une étape supplémentaire relative à une anticipation des positions de chaque objet à suivre sur une durée d'anticipation.

[0093] Notamment, une étape supplémentaire de détermination par anticipation des mouvements de chaque objet à suivre sur la durée d'anticipation en fonction de son vecteur vitesse déterminé lors de la sous-étape de détermination d'un mouvement propre pour chaque objet à suivre. Cette durée d'anticipation peut être prédéterminée et est par exemple égale à 5 secondes. De la sorte, les positions prévisionnelles successives des enveloppes de sécurité de chaque objet à suivre sur la durée d'anticipation peuvent être calculées, par exemple par l'intermédiaire du calculateur, en utilisant le dernier vecteur vitesse connu pour chaque objet à suivre.

[0094] Ces positions prévisionnelles successives peuvent alors être prises en compte lors de la sous-étape de détermination d'une trajectoire de vol pour la réalisation de la phase de vol particulière par rapport au point objectif.

[0095] Ensuite, une étape supplémentaire d'affichage des positions prévisionnelles successives de l'enveloppe de sécurité de chaque objet sur le dispositif de visualisation pour la durée d'anticipation peut également être réalisée en exploitant les positions prévisionnelles successives des enveloppes de sécurité de chaque objet à suivre. De la sorte, le pilote peut visualiser ces positions prévisionnelles successives et choisir une trajectoire prenant en compte ces positions prévisionnelles successives à venir des enveloppes de sécurité de chaque objet à suivre et du point objectif. Une telle anticipation peut notamment être très utile en cas de perte visuelle d'un objet à suivre lors d'un pilotage manuel de l'aéronef, par exemple en présence de brouillard ou de fumée masquant cet objet.

[0096] Selon un aspect, l'étape de sélection d'au moins un objet à suivre peut être effectuée manuellement par un occupant de l'aéronef et peut comporter les sous-étapes suivantes :

- affichage de chaque objet détecté sur un dispositif de visualisation de l'aéronef, et
- sélection manuelle sur le dispositif de visualisation de chaque objet à suivre et d'un point objectif sur un objet à suivre.

[0097] De la sorte, un occupant de l'aéronef, en particulier le pilote ou le copilote, peut visualiser sur le dispositif de visualisation les objets qui ont été détectés dans la zone de surveillance. Un occupant de l'aéronef peut

alors sélectionner directement sur le dispositif de visualisation, par exemple par l'intermédiaire un écran tactile ou d'un pointeur dirigé via une souris ou autres, les objets à suivre susceptibles de se trouver sur la trajectoire de vol et qu'il souhaite surveiller. De même, cet occupant de l'aéronef peut également sélectionner de façon identique sur un de ces objets maritimes à suivre le point objectif vis-à-vis duquel la phase de vol particulière est effectuée.

[0098] Selon un aspect, l'étape de sélection d'au moins un objet à suivre et d'un point objectif peut être effectuée automatiquement et peut comporter les sous-étapes suivantes :

- application d'un processus de reconnaissance de forme de chaque objet détecté aux informations fournies par ledit au moins un dispositif de détection,
- identification d'au moins un objet détecté par comparaison de la forme attribuée à chaque objet (50) détecté avec au moins une base d'une base de données contenant des formes d'objets maritimes connus, et
- sélection automatique d'au moins un objet à suivre dont la forme est identifiée dans ladite au moins une base de données et d'un point objectif sur un objet à suivre.

[0099] L'application par le calculateur d'un processus de reconnaissance de forme aux informations fournies par au moins un dispositif de détection permet de façon connue d'associer une forme à chaque objet détecté. Ce processus de reconnaissance de forme peut être associé à un processus de traitement d'images effectué sur les images captées par au moins un dispositif de détection. Ces processus de traitement d'images et de reconnaissance de forme peuvent par exemple mettre en œuvre des méthodes connues de l'homme du métier, par exemple une méthode de morphologie mathématique, une méthode de localisation et de cartographie simultanées connue en langue anglaise sous la désignation « Simultaneous Localisation And Mapping » ou toute autre méthode comparable...

[0100] Ensuite, la comparaison de chacune de ces formes de chaque objet détecté avec des formes contenues dans au moins une base de données contenant des caractéristiques d'objets maritimes connus par l'intermédiaire du calculateur permet d'identifier certains objets détectés correspondant à des objets connus. De la sorte, un type de navires ou un type de plates-formes maritimes connus et présents dans au moins une base de données stockée par exemple dans une mémoire du calculateur ou bien dans une mémoire reliée au calculateur peut par exemple être identifié. Chaque objet identifié est alors automatiquement sélectionné pour être un objet à suivre.

[0101] De plus, l'application par le calculateur d'un processus de reconnaissance de forme aux informations fournies par au moins un dispositif de détection permet également d'identifier de façon similaire une hélicoptère

présente sur un objet détecté. Une hélicoptère est par exemple identifiable par la présence d'une lettre « H » ou bien d'un cercle représenté sur l'hélicoptère. Lorsqu'une seule hélicoptère est identifiée, le centre de celle-ci est automatiquement sélectionné comme point objectif par le calculateur. Dans le cas où plusieurs hélicoptères sont identifiées, un point objectif est également automatiquement sélectionné au centre d'une de ces hélicoptères par le calculateur grâce à une information complémentaire fournie par exemple par le pilote ou le copilote de l'aéronef. Cette information complémentaire peut être fournie, via une interface de saisie, par exemple avant le décollage de l'aéronef au moment du choix de la phase de vol particulière envisagée ou bien au moment de la sélection de ce point objectif.

[0102] Par exemple, les coordonnées en latitude et longitude d'un point objectif recherché sont saisies et le centre de l'hélicoptère située la plus proche de ces coordonnées est automatiquement sélectionné comme point objectif par le calculateur. Selon un autre exemple, une caractéristique d'un système AIS, pour la désignation en langue anglaise « Automatic Identification System », d'un objet sur lequel se trouve le point objectif recherché est saisie et le centre de l'hélicoptère située sur cet objet, s'il est parmi les objets détectés, est alors automatiquement sélectionné comme point objectif par le calculateur. L'aéronef comporte dans ce cas un récepteur AIS relié au calculateur afin d'exploiter de telles caractéristiques AIS.

[0103] Cependant, si aucune sélection automatique d'un point objectif n'est possible ou sur choix de l'équipage de l'aéronef, une sélection manuelle d'un point objectif peut être réalisée. Dans ce cas, la sous-étape de sélection automatique d'au moins un objet à suivre et d'un point objectif peut être remplacée par les trois sous-étapes suivantes :

- sélection automatique d'au moins un objet à suivre telle que précédemment décrit,
- affichage d'au moins un objet détecté et/ou identifié sur un dispositif de visualisation de l'aéronef, et
- sélection manuelle d'un point objectif sur un objet détectés et/ou identifiés sur le dispositif de visualisation, par exemple par l'intermédiaire d'un écran tactile ou par l'intermédiaire d'un pointeur dirigé via une souris.

[0104] Dans ces conditions, le procédé selon l'invention peut être appliqué afin de sélectionner manuellement le point objectif, par exemple lorsque ce point objectif n'est pas une hélicoptère, mais un point d'un objet en vue par exemple de réaliser un vol stationnaire au-dessus de ce point objectif.

[0105] Selon un aspect, l'étape de sélection d'au moins un objet à suivre et d'un point objectif peut être effectuée de façon semi-automatique et peut comporter les sous-étapes suivantes :

- application d'un processus de reconnaissance de forme de chaque objet détecté aux informations fournies par ledit au moins un système de détection,
- identification d'au moins un objet détecté par comparaison par comparaison de la forme attribuée à chaque objet détecté avec au moins une base d'une base de données contenant des objets maritimes connus
- présélection automatique d'au moins un objet dont la forme est identifiée dans ladite au moins une base de données,
- affichage d'au moins un objet présélectionné sur un dispositif de visualisation de l'aéronef, et
- sélection manuelle sur le dispositif de visualisation d'au moins un objet à suivre et/ou d'un point objectif sur un objet à suivre par un occupant de l'aéronef.

[0106] De la sorte, le calculateur présélectionne chaque objet connu après identification parmi chaque objet détecté, puis affiche chaque objet connu et présélectionné sur le dispositif de visualisation. Ensuite, un occupant de l'aéronef sélectionne de façon manuelle, comme précédemment évoqué, sur le dispositif de visualisation chaque objet à suivre et le point objectif sur un objet à suivre.

[0107] Selon un aspect, au cours de l'étape de sélection d'au moins un objet à suivre et d'un point objectif, tous les objets détectés et un point objectif parmi ces objets détectés peuvent être sélectionnés automatiquement.

[0108] La présente invention vise également un système d'aide à la navigation pour un aéronef par détection d'objets maritimes fixes et mobiles configuré pour mettre en œuvre le procédé précédemment décrit. Le système d'aide à la navigation pour un aéronef comporte notamment :

- au moins un dispositif de localisation fournissant une position et/ou une vitesse absolue de l'aéronef,
- au moins une centrale inertielle fournissant une attitude de l'aéronef,
- un dispositif de pilotage automatique de l'aéronef,
- au moins un dispositif de visualisation,
- au moins un système de détection destiné à la détection d'objets maritimes fixes et mobiles, et
- au moins un calculateur.

[0109] La présente invention vise également un aéronef comportant un tel système d'aide à la navigation.

[0110] L'invention et ses avantages apparaîtront avec plus de détails dans le cadre de la description qui suit avec des exemples donnés à titre illustratif en référence aux figures annexées qui représentent :

- la figure 1, un aéronef selon l'invention,
- la figure 2, un objet maritime détecté sur une durée glissante,
- la figure 3, un schéma synoptique d'un procédé selon l'invention,

- la figure 4, une enveloppe de sécurité d'un objet maritime détecté, et
- la figure 5, un schéma synoptique d'un procédé selon l'invention.

[0111] Les éléments présents dans plusieurs figures distinctes sont affectés d'une seule et même référence.

[0112] L'aéronef 1 représenté sur la figure 1 comporte un fuselage 4, un rotor principal 2 agencé au-dessus du fuselage 4 et un rotor arrière 3 agencé sur une poutre de queue 7 de l'aéronef 1. L'aéronef 1 comporte également un train d'atterrissage 8 à patins et une installation motrice 6 entraînant en rotation les deux rotors 2,3.

[0113] Un repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) est attaché à l'aéronef 1 et formé par trois axes orthogonaux. Un axe longitudinal X_A s'étend de l'arrière de l'aéronef 1 vers l'avant de l'aéronef 1, c'est à dire de l'extrémité arrière de la poutre de queue 7 de l'aéronef 1 à la pointe avant du fuselage 4 de l'aéronef 1. Un axe d'élévation Z_A s'étend de haut en bas perpendiculairement à l'axe longitudinal X_A . Enfin, un axe transversal Y_A s'étend de gauche à droite perpendiculairement aux axes longitudinal X_A et d'élévation Z_A . L'axe longitudinal X_A est l'axe de roulis de l'aéronef 1, l'axe transversal Y_A est son axe de tangage et l'axe d'élévation Z_A est son axe de lacet.

[0114] L'aéronef 1 comporte aussi un système 10 d'aide à la navigation par détection d'objets maritimes fixes et mobiles. Ce système 10 est dédié, lorsque l'aéronef 1 est située à proximité de la mer ou au dessus de la mer, à la détection d'objets maritimes en vue de la réalisation d'une manœuvre particulière, par exemple, un vol d'approche ou une phase de vol stationnaire par rapport à un de ces objets ou encore une phase d'atterrissage sur un de ces objets. Un tel système 10 d'aide à la navigation peut équiper un tel aéronef à voilure tournante ainsi que tout type d'aéronef.

[0115] Ce système 10 d'aide à la navigation comporte :

- un dispositif de localisation 15 fournissant une position et/ou une vitesse absolue de l'aéronef 1,
- une centrale inertielle 16 fournissant une attitude de l'aéronef 1,
- un dispositif de pilotage automatique 13 de l'aéronef 1,
- un dispositif de visualisation 11,
- un système de détection 20 destiné à la détection d'objets maritimes fixes et mobiles, et
- un calculateur 14.

[0116] Le dispositif de localisation 15 peut fournir directement la position de l'aéronef 1 dans un repère terrestre local ou bien le dispositif de localisation 15 peut fournir la vitesse de l'aéronef 1 dans le repère terrestre local, la position de l'aéronef 1 étant alors calculée par intégration de cette vitesse de l'aéronef 1 par l'intermédiaire par exemple d'un calculateur. Le dispositif de localisation 15 peut comporter par exemple un dispositif de localisation GNSS par satellites.

[0117] De même, la centrale inertielle 16 peut fournir directement un angle de roulis φ et un angle de tangage θ de l'aéronef 1 dans un repère terrestre local. La centrale inertielle 16 peut également fournir des vitesses angulaires ou bien des accélérations angulaires de l'aéronef 1 autour des axes de roulis et de tangage de l'aéronef 1 dans le repère terrestre local, les angles de roulis φ et de tangage θ de l'aéronef 1 dans ce repère terrestre local étant alors calculés par une intégration simple ou double respectivement de ces vitesses ou de ces accélérations angulaires de l'aéronef 1 par l'intermédiaire par exemple d'un calculateur. La centrale inertielle 16 peut comporter par exemple un dispositif de type AHRS.

[0118] Le dispositif de pilotage automatique 13 est configuré pour piloter automatiquement l'aéronef 1 à savoir sans intervention d'un pilote embarqué dans l'aéronef 1, lorsqu'un mode de pilotage automatique est engagé. Ce pilotage automatique peut suivre par exemple de façon connue une trajectoire préétablie entre deux points ou bien jusqu'à un atterrissage de l'aéronef 1 sur une hélisurface. Le dispositif de pilotage automatique 13 peut comporter par exemple un calculateur de pilote automatique et divers actionneurs agissant sur des organes de pilotage de l'aéronef 1.

[0119] Le dispositif de visualisation 11 permet d'afficher des informations de tout type, par exemple des informations en surimpression d'une image de l'environnement de l'aéronef 1 captée par une caméra par exemple. Le dispositif de visualisation 11 peut comporter par exemple un écran, et en particulier un écran tactile, agencé sur un tableau de bord 9 de l'aéronef 1.

[0120] Le calculateur 14 peut être par exemple dédié au système 10 ou bien peut aussi remplir d'autres fonctions de l'aéronef 1. Le calculateur 14 peut notamment effectuer les intégrations éventuellement nécessaires aux calculs de la position et/ou des angles de roulis φ et de tangage θ de l'aéronef 1 si besoin.

[0121] Le système de détection 20 destiné à la détection d'objets maritimes fixes et mobiles permet de détecter les objets, fixes ou mobiles, dans le champ de surveillance de ce système de détection 20 ainsi que de déterminer leurs positions relativement à l'aéronef 1, à savoir dans le repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) . Le système de détection 20 peut aussi estimer les déplacements de chaque objet détecté, par exemple sous la forme d'un vecteur vitesse, dans le repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) .

[0122] Le système de détection 20 peut comporter au moins un détecteur électromagnétique, par exemple un dispositif de détection de type radar 21, un dispositif de détection de type LIDAR 22, un dispositif de détection de type LEDDAR ou encore un dispositif de détection à infrarouge.

[0123] Le système de détection 20 peut comporter au moins un détecteur acoustique, par exemple un dispositif de détection de type ultrasons.

[0124] Le système de détection 20 peut comporter au moins un détecteur optique, par exemple une caméra 25.

[0125] Le système de détection 20 de l'aéronef 1 re-

présenté sur la figure 1 comporte trois dispositifs de détection 21,22,25 destinés à la détection d'objets maritimes fixes et mobiles ainsi qu'un calculateur d'imagerie 26. Un dispositif de détection de type radar 21 est implanté sur une zone avant du fuselage 4 et permet de détecter un objet dans une zone de surveillance correspondant par exemple à un secteur conique situé à l'avant de l'aéronef 1 et sur une longue portée de l'ordre de un à plusieurs kilomètres.

[0126] Un dispositif de détection de type LIDAR 22 est implanté sous le fuselage 4 et permet de détecter un objet dans une zone de surveillance située tout autour de l'aéronef 1, à savoir à 360 degrés (360°), avec une portée courte à moyenne, inférieure à un kilomètre.

[0127] Un dispositif de détection 25 est une caméra implantée sur une zone avant haute du fuselage 4, en dessous du rotor principal 2, et permet de capter des images en deux dimensions ou bien en trois dimensions et de détecter un objet dans une zone de surveillance correspondant par exemple à un secteur conique situé à l'avant de l'aéronef 1. Avantagusement, la zone de surveillance de la caméra 25 peut couvrir une courte, une moyenne et une longue portée, mais avec des niveaux de précision différents, la précision étant optimale pour les courtes portées.

[0128] Un dispositif de détection 21,22 peut fournir directement les informations concernant un objet détecté, à savoir sa présence ainsi que sa position et son vecteur vitesse dans le repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) . C'est par exemple le cas pour le dispositif de détection de type radar 21 et le dispositif de détection de type LIDAR 22 qui comportent chacun un calculateur intégré. Pour la caméra 25, une analyse et un traitement des images captées sont nécessaires, par l'intermédiaire du calculateur d'imagerie 26 du système de détection 20, afin de détecter les objets situés dans la zone de surveillance et d'estimer leurs positions et leurs vecteurs vitesses dans le repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) .

[0129] Les informations fournies par chaque dispositif de détection 21,22,25 peuvent être exploitées seules et indépendamment des autres dispositifs de détection 21,22,25. Les informations fournies par ces dispositifs de détection 21,22,25 peuvent être exploitées de façon combinée afin de les comparer de sorte à vérifier leur fiabilité et/ou de les fusionner de sorte à améliorer leurs précisions.

[0130] La figure 2 représente une vue d'une partie de la zone de surveillance surveillée par le système de détection 20 et située sur la surface de la mer 100 ainsi que les informations relatives à un objet 50 fournies sur une durée glissante Δt_{1-2} par le système de détection 20. L'objet 50 représenté sur la figure 2 est un navire, mais pourrait également être tout objet 50 situé à la surface de la mer 100 tel qu'une plate-forme maritime ou une éolienne par exemple. Ce navire comporte une coque 51 et deux éléments 52,53 allongés, agencés sensiblement verticalement et élevés, tels que deux mâts ou deux grues par exemple. Ce navire comporte également une

hélicoptère 59 destinée à l'atterrissage d'un aéronef.

[0131] La figure 2 comporte deux représentations de l'objet 50 à deux instants distincts t_1, t_2 , à savoir au début et à la fin de cette durée glissante Δt_{1-2} . Le centre de gravité G de cet objet 50 est également représenté.

[0132] Des caractéristiques de l'objet 50 détecté sont représentées sur la figure 2 respectivement pour ces deux instants t_1, t_2 , à savoir :

- une distance $D1, D2$ entre l'aéronef 1 et l'objet 50 parallèlement à l'axe longitudinale X_T du repère terrestre local (X_T, Y_T, Z_T) ,
- une distance $ha1, ha2$ entre l'aéronef 1 et un point arrière de l'objet 50 parallèlement à l'axe en élévation Z_T ,
- une distance $hb1, hb2$ entre l'aéronef 1 et un point avant de l'objet 50 parallèlement à l'axe en élévation Z_T ,
- une distance $hc1, hc2$ entre l'aéronef 1 et un élément allongé 52 de l'objet 50 parallèlement à l'axe en élévation Z_T ,
- une distance $hd1, hd2$ entre l'aéronef 1 et l'autre élément allongé 53 de l'objet 50 parallèlement à l'axe en élévation Z_T ,
- un angle $\theta1, \theta2$ autour de l'axe de tangage de l'aéronef 1, à savoir l'axe transversal Y_A du repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) , entre l'axe en élévation Z_T du repère terrestre local (X_T, Y_T, Z_T) et un élément allongé 53 de l'objet 50, et
- un vecteur vitesse V de l'objet 50.

[0133] De plus, une caractéristique supplémentaire de l'objet 50 détecté est un angle $\varphi1, \varphi2$ autour de l'axe de roulis de l'aéronef 1, à savoir l'axe longitudinale X_A du repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) , entre l'axe en élévation Z_T du repère terrestre local (X_T, Y_T, Z_T) et un élément allongé 53 de l'objet 50, cet angle n'étant pas visible sur la figure 2.

[0134] Ces caractéristiques de distances et d'angles de l'objet 50 détecté sont obtenues à partir d'informations fournies par le système de détection 20 dans le repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) et des informations de localisation de l'aéronef 1 fournies par le dispositif de localisation 15 respectivement pour ces deux instants t_1, t_2 de sorte à obtenir ces caractéristiques dans le repère terrestre local (X_T, Y_T, Z_T) .

[0135] Les caractéristiques de l'objet 50 détecté sont obtenues à partir d'informations fournies par le système de détection 20 dans le repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) sont :

- une distance entre l'aéronef 1 et l'objet 50 parallèlement à l'axe longitudinale X_A ,
- une distance entre l'aéronef 1 et un point arrière de l'objet 50 parallèlement à l'axe en élévation Z_A ,
- une distance entre l'aéronef 1 et un point avant de l'objet 50 parallèlement à l'axe en élévation Z_A ,
- une distance entre l'aéronef 1 et un élément allongé 52 de l'objet 50 parallèlement à l'axe en élévation Z_A ,

- une distance entre l'aéronef 1 et l'autre élément allongé 53 de l'objet 50 parallèlement à l'axe en élévation Z_A , et
- un angle autour de l'axe de tangage de l'aéronef 1, à savoir l'axe transversal Y_A entre l'axe en élévation Z_A de ce repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) et un élément allongé 53 de l'objet 50, et
- un angle autour de l'axe de roulis de l'aéronef 1, à savoir l'axe transversal Y_A entre l'axe en élévation Z_A de ce repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) et un élément allongé 53 de l'objet 50, et
- un vecteur vitesse V de l'objet 50.

[0136] Sur la figure 2, une hauteur Z_{radio} verticale entre l'aéronef 1 et la surface de la mer 100 survolée par l'aéronef 1 est également mesurée. Cette information est fournie par un dispositif de mesure 18 d'une hauteur Z_{radio} que comporte l'aéronef 1.

[0137] De plus, à deux instants complémentaires t_3, t_4 , la hauteur m_3, m_4 de la surface de la mer 100 est mesurée par l'intermédiaire d'au moins un des dispositifs de détection 21, 22, 25 dans le repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) , parallèlement à l'axe en élévation Z_A . Ensuite, les hauteurs m_3, m_4 de la surface de la mer 100 respectivement pour ces deux instants complémentaires t_3, t_4 peuvent être estimées dans le repère terrestre local (X_T, Y_T, Z_T) parallèlement à l'axe en élévation Z_T comme représenté sur la figure 2. Une variation δm de cette hauteur de la surface de la mer 100 peut alors être déterminée parallèlement à l'axe en élévation Z_T du repère terrestre local (X_T, Y_T, Z_T) , cette variation étant égale à la différence des hauteurs m_3, m_4 de la surface de la mer 100 respectivement pour ces deux instants complémentaires t_3, t_4 . Les deux instants complémentaires t_3, t_4 sont postérieurs aux deux instants t_1, t_2 .

[0138] Le système 10 est configuré pour mettre en œuvre un procédé d'aide à la navigation pour un aéronef 1 dont deux schémas synoptiques sont représentés sur les figures 3 et 5. Une mémoire intégrée au calculateur 14 ou reliée au calculateur 14 peut stocker des instructions relatives à ces schémas synoptiques et permettant notamment d'exécuter un tel procédé.

[0139] Selon le schéma synoptique représenté sur la figure 3, le procédé d'aide à la navigation pour un aéronef 1 par détection d'objets 50 maritimes fixes et mobiles comporte les étapes suivantes.

[0140] Tout d'abord, une étape de surveillance 110 d'une zone de surveillance sur la surface 100 d'eau est réalisée par l'intermédiaire du système de détection 20.

[0141] En présence d'au moins un objet, une étape de détection 120 d'au moins un objet 50 dans la zone de surveillance et d'estimation de sa position relativement à l'aéronef 1 est effectuée par l'intermédiaire du système de détection 20.

[0142] Ces étapes de surveillance 110 et de détection 120 d'au moins un objet 50 et d'estimation de sa position peuvent être mise en œuvre en utilisant tous les dispositifs de détection 21, 22, 25 du système de détection 20

ou seulement une partie de ces dispositifs de détection 21,22,25 en fonction de la portée de détection et/ou de la précision recherchée.

[0143] Une étape de sélection 130 d'au moins un objet 50 à suivre et d'un point objectif 55 sur un objet 50 à suivre, tel qu'illustré sur la figure 2, est alors réalisée. Cette étape de sélection 130 peut être réalisée manuellement, automatiquement ou semi automatiquement. A ce titre, cette étape de sélection 130 peut comporter les sous-étapes suivantes.

[0144] Pour une sélection manuelle, l'étape de sélection 130 d'au moins un objet 50 à suivre et d'un point objectif 55 comporte les sous-étapes suivantes :

- une étape d'affichage 131 d'au moins un objet 50 détecté sur le dispositif de visualisation 11 de l'aéronef 1, et
- une étape de sélection manuelle 132 sur le dispositif de visualisation 11 d'au moins un objet 50 à suivre et d'un point objectif 55 sur un objet 50 à suivre.

[0145] Cette sélection manuelle peut être effectuée directement sur le dispositif de visualisation 11 lorsqu'il s'agit d'un écran tactile ou bien par l'intermédiaire d'un dispositif de sélection 17, tel qu'une souris par exemple.

[0146] Pour une sélection automatique, l'étape de sélection 130 d'au moins un objet 50 à suivre et d'un point objectif 55 comporte les sous-étapes suivantes :

- une étape d'application 133 d'un processus de reconnaissance de forme d'au moins un objet 50 détecté aux informations fournies par le système de détection 20,
- une étape d'identification 134 d'au moins un objet 50 détecté par comparaison de la forme attribuée à chaque objet 50 détecté avec au moins une base de données contenant des objets maritimes connus, et
- une étape de sélection automatique 138 d'au moins un objet 50 à suivre dont la forme est identifiée dans au moins une base de données et d'un point objectif 55 sur un objet 50 à suivre.

[0147] Pour une sélection semi-automatique, l'étape de sélection s d'au moins un objet 50 à suivre et d'un point objectif 55 comporte les sous-étapes suivantes :

- une étape d'application 133 d'un processus de reconnaissance de forme d'au moins un objet 50 détecté aux informations fournies par le système de détection 20,
- une étape d'identification 134 d'au moins un objet 50 détecté par comparaison de la forme attribuée à chaque objet 50 détecté avec au moins une base de données contenant des objets maritimes connus
- une étape de présélection automatique 135 d'au moins un objet 50 à suivre dont la forme est identifiée dans au moins une base de données,
- une étape d'affichage 136 d'au moins un objet 50

présélectionné sur le dispositif de visualisation 11 de l'aéronef 1, et

- une étape de sélection manuelle 137 sur le dispositif de visualisation 11 d'au moins un objet 50 à suivre supplémentaire et/ou d'un point objectif 55 sur un objet 50 à suivre.

[0148] Comme précédemment, la sélection manuelle peut être effectuée directement sur le dispositif de visualisation 11 lorsqu'il s'agit d'un écran tactile ou bien par l'intermédiaire d'un dispositif de sélection 17, tel qu'une souris par exemple.

[0149] Une fois un ou plusieurs objets 50 détectés sélectionnés, une étape de détermination 140 d'une position et d'une attitude de l'aéronef 1 est réalisée par l'intermédiaire du dispositif de localisation 15 et de la centrale inertielle 16 de l'aéronef 1.

[0150] Une étape de détermination 150 des positions et des mouvements de chaque objet 50 à suivre ainsi que de la position et des mouvements du point objectif 55 relativement à l'aéronef 1 sur la durée glissante Δt_{1-2} est également réalisée par l'intermédiaire du système de détection 20. La durée glissante Δt_{1-2} est de préférence prédéterminée. De plus, cette durée glissante Δt_{1-2} peut être fixe ou variable. Notamment, la durée glissante Δt_{1-2} peut être variable en fonction de la vitesse de l'aéronef 1 et/ou de la distance séparant l'aéronef 1 du point objectif 55.

[0151] L'étape de détermination 140 de la position et de l'attitude de l'aéronef 1 et l'étape de détermination 150 des positions et des mouvements de chaque objet 50 et du point objectif 55 relativement à l'aéronef 1 peuvent être réalisées en parallèle, à savoir simultanément, comme représenté sur la figure 3. Cependant, ces deux étapes 140,150 peuvent être réalisées de façon séquentielle.

[0152] Lors de l'étape de détermination 150, les positions et les mouvements de chaque objet 50 à suivre et du point objectif 55 sont déterminés dans le repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) . Par exemple des distances sont estimées parallèlement aux axes du repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) entre l'aéronef 1, par exemple son centre de gravité, et plusieurs points de chaque objet 50 à suivre. Des angles sont également estimés autour de l'axe de roulis et de tangage de l'aéronef 1, à savoir les axes longitudinal X_A et transversal Y_A , entre l'axe en élévation Z_A du repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) et un élément allongé 53 de l'objet 50.

[0153] Ces positions de chaque objet 50 à suivre et du point objectif 55 sont déterminés sur une durée glissante Δt_{1-2} , par exemple de l'ordre de 2 à 4 secondes, et sont stockées dans une mémoire du calculateur 14 ou dans une mémoire reliée au calculateur 14. De la sorte, des variations des positions relativement aux axes du repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) et des variations des angles autour de ces axes de chaque objet 50 à suivre et du point objectif 55 peuvent être calculées sur la durée glissante Δt_{1-2} .

[0154] Les positions et les mouvements de chaque objet 50 à suivre et du point objectif 55 sont déterminés par l'exploitation des informations fournis par le système de détection 20. Différents algorithmes connus peuvent être utilisés pour déterminer à partir de ces informations les positions et les mouvements de chaque objet 50 à suivre et du point objectif 55.

[0155] En outre, un algorithme spécifique peut être utilisé lorsqu'une précision importante est requise, notamment dans le cas de réalisation d'une phase d'atterrissage ou d'une phase de vol stationnaire sur ou au dessus d'un objet à suivre. Par exemple, l'étape de détermination 150 peut effectuer une reconstruction de points élevés rectilignes caractéristiques de chaque objet 50 à suivre, et des éléments allongés 52,53 notamment, à l'aide d'une ou plusieurs transformées de Hough.

[0156] Ensuite, une étape de transfert 160 des positions et des mouvements de chaque objet 50 à suivre ainsi que de la position et des mouvements du point objectif 55 du repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) vers le repère terrestre local (X_T, Y_T, Z_T). Cette étape de transfert 160 est effectué par le calculateur 14 et utilise d'une part les positions et les mouvements de chaque objet 50 et du point objectif 55 déterminés dans le repère aéronef (X_A, Y_A, Z_A) par le système de détection 20 ainsi que la position et l'attitude de l'aéronef 1 dans le repère terrestre local (X_T, Y_T, Z_T) déterminés par le dispositif de localisation 15 et la centrale inertielle 16. De la sorte, les positions et les mouvements de chaque objet 50 à suivre sont connus dans le repère terrestre local (X_T, Y_T, Z_T) tel que représenté sur la figure 2.

[0157] Au moins une variation de hauteur δh parallèlement à l'axe en élévation Z_T du repère terrestre local (X_T, Y_T, Z_T) pour chaque objet 50 à suivre peut alors être calculée sur la durée glissante Δt_{1-2} . Par exemple, plusieurs variations de hauteur δh peuvent ainsi être déterminées par soustraction des deux distances mesurées pour les différents point d'un objet 50 aux deux instants distincts t_1, t_2 , tel que représenté sur la figure 2. Une seule variation de hauteur δh peut aussi être déterminée en calculant une valeur moyenne des résultats de ces soustractions pour ces différents points d'un objet 50.

[0158] De même, des variations des angles $\delta\varphi$ et $\delta\theta$ autour des axes longitudinal X_T et transversal Y_T de chaque objet 50 à suivre et du point objectif 55 peuvent être calculées sur la durée glissante Δt_{1-2} .

[0159] Une étape d'estimation 170 d'une enveloppe de sécurité 60 attachée à chaque objet 50 à suivre est ensuite réalisée à partir des positions et des mouvements de chaque objet 50 à suivre dans le repère terrestre local (X_T, Y_T, Z_T). L'enveloppe de sécurité 60 attachée à un objet à suivre se situe autour de cet objet 50 à suivre et prend en compte les mouvements de cet objet à suivre.

[0160] Cette étape d'estimation 170 d'une enveloppe de sécurité 60 est faite par une construction d'une enveloppe de sécurité 60 en trois dimensions de chaque objet 50 à suivre et peut comporter les sous-étapes suivantes :

- détermination 171 d'un mouvement propre caractérisé par un vecteur vitesse pour chaque objet 50 à suivre sur la durée glissante Δt_{1-2} ,
- estimation 172 des variations des angles de roulis et de tangage $\delta\varphi, \delta\theta$ et de la variation de hauteur δh de chaque objet 50 à suivre sur la durée glissante Δt_{1-2} ,
- détermination 173 d'un centre de mouvement de chaque objet 50 à suivre par rapport aux variations des angles de roulis et de tangage $\delta\varphi, \delta\theta$ sur la durée glissante Δt_{1-2} et
- estimation 174 d'une enveloppe de sécurité 60 attachée à chaque objet 50 à suivre se situant autour de chaque objet 50 à suivre et en prenant en compte le centre de mouvement pour chaque objet 50 à suivre en fonction de la variation de hauteur δh , des variations des angles de roulis et de tangage $\delta\varphi, \delta\theta$ sur la durée glissante Δt_{1-2} .

[0161] Une telle enveloppe de sécurité 60 attachée à un objet 50 est représentée sur la figure 4. De la sorte, l'enveloppe de sécurité 60 représente à un instant t_2 un objet 50 détecté et sélectionné en prenant en compte ces mouvements sur la durée glissante Δt_{1-2} . Cette enveloppe de sécurité 60 est représentée à la position où se trouve cet objet 50 à l'instant t_2 . En particulier, après un calcul des variations de hauteur δh et des angles de roulis et de tangage $\delta\varphi, \delta\theta$ de l'objet 50 dans le repère terrestre local (X_T, Y_T, Z_T) sur la durée glissante Δt_{1-2} , un centre de mouvement C de cet objet 50 autour duquel sont réalisées les variations d'angles de roulis et de tangage $\delta\varphi, \delta\theta$ sur la durée glissante Δt_{1-2} est estimé. Ensuite, la forme de l'objet 50 est construite en appliquant une valeur moyenne de variation de hauteur et des valeurs moyennes de variation des angles de roulis et de tangage moyens sur la durée glissante Δt_{1-2} .

[0162] Ensuite, l'enveloppe de sécurité 60 est construite en trois dimensions autour de cette forme de l'objet 50, en appliquant les variations δh et des angles de roulis et de tangage $\delta\varphi, \delta\theta$ sur la durée glissante Δt_{1-2} .

[0163] En outre, la sous-étape d'estimation 174 d'une enveloppe de sécurité 60 peut aussi prendre en compte une variation verticale d'eau δm de la surface 100 de l'eau à l'avant de chaque objet 50 à suivre. En effet, une variation verticale d'eau δm de la surface 100 de l'eau représente généralement une vague d'une hauteur égale à cette variation verticale d'eau δm et située à l'avant de l'objet 50 à suivre. Cette vague va alors probablement générer un mouvement au moins parallèlement à l'axe en élévation Z_T du repère terrestre local (X_T, Y_T, Z_T) de l'objet 50 lorsqu'elle entrera en contact avec l'objet 50. Sa prise en compte dans la sous-étape d'estimation 174 d'une enveloppe de sécurité 60 permet ainsi avantageusement d'anticiper l'effet de la variation verticale d'eau δm sur chaque objet 50 à suivre.

[0164] Enfin, suite à l'estimation de l'enveloppe de sécurité 60 attachée à chaque objet 50 à suivre, une étape de réalisation 180 d'une phase de vol particulière de l'aé-

ronef par rapport au point objectif 55, en respectant une distance de sécurité vis-à-vis des enveloppes de sécurité 60 est réalisée. Une phase de vol particulière par rapport au point objectif 55 peut être un vol d'approche en direction du point objectif 55, à savoir en restant à une distance préétablie du point objectif 55, généralement inférieure à un kilomètre, et par exemple comprise entre 100 et 200 mètres. Une phase de vol particulière par rapport au point objectif 55 peut aussi être une phase d'atterrissage sur le point objectif 55 ou bien une phase de vol stationnaire au dessus du point objectif 55.

[0165] Cette étape de réalisation 180 d'une phase de vol particulière peut être réalisée manuellement ou automatiquement. A ce titre, cette étape de réalisation 180 d'une phase de vol particulière peut comporter des sous-étapes.

[0166] Pour une réalisation automatique de la phase de vol particulière, l'étape de réalisation 180 comporte par exemple les sous-étapes suivantes :

- détermination 181 d'une trajectoire de vol par rapport au point objectif 55 en respectant la distance de sécurité vis-à-vis de l'enveloppe de sécurité 60 attachée à chaque objet 50 à suivre, et
- suivi automatique 182 de la trajectoire de vol par le dispositif de pilotage automatique de l'aéronef 1 de sorte à réaliser la phase de vol particulière selon la trajectoire de vol.

[0167] Pour une réalisation manuelle de la phase de vol particulière, l'étape de réalisation 180 comporte les sous-étapes suivantes :

- affichage 138 de l'enveloppes de sécurité 60 attachée à chaque objet 50 à suivre et du point objectif 55 sur le dispositif de visualisation 11, et
- pilotage manuelle 184 de l'aéronef 1 par un pilote de l'aéronef 1 de sorte à réaliser la phase de vol particulière par rapport au point objectif 55.

[0168] Par ailleurs, la distance de sécurité peut être constante ou bien variable. En particulier, la distance de sécurité peut être variable pour chaque objet 50 à suivre en fonction des dimensions de l'enveloppe de sécurité 60 attachée à l'objet 50 et éventuellement en fonction des variations de la hauteur δh et des angles de roulis et de tangage $\delta\varphi, \delta\theta$ sur la durée glissante Δt_{1-2} . Par exemple, pour un navire de fort tonnage, typiquement de l'ordre de 200 mètres de longueur, et avec une mer induisant des variations d'angles de 20 degrés, la distance de sécurité peut être de 75 mètres. Pour un navire de dimensions plus faibles, par exemple de l'ordre de 50 mètres de longueur, et toujours avec une mer induisant des variations d'angles de 20 degrés, la distance de sécurité peut être de 20 mètres. Dans les deux cas précédent, si l'effet de la mer est divisé par deux, à savoir que la mer induit des variations d'angles de 10 degrés, la distance de sécurité est également divisée par deux.

[0169] La distance de sécurité peut aussi être variable en fonction de la distance entre l'aéronef 1 et le point objectif 55.

[0170] En outre, lors d'une phase d'atterrissage, le procédé selon l'invention est réalisée jusqu'à atteindre un point particulier désigné « décision de hauteur » désigné également par l'acronyme *DH* pour la désignation anglaise « Décision Height ». En effet, lorsque l'aéronef 1 atteint ce point particulier désigné « décision de hauteur », la partie finale de la phase d'atterrissage est engagée et le procédé selon l'invention est inhibé pour permettre à l'aéronef 1 de se poser sur l'hélicsurface 59 correspondant au point objectif 55.

[0171] Par ailleurs, selon une variante représentée sur la figure 5, deux phases de vol particulières peuvent avantageusement être enchaînées en conservant notamment la sélection d'au moins un objet 50 à suivre et d'un point objectif 55. Dans ce cas, le procédé comporte les étapes 110-180 précédemment décrites, la phase de vol particulière réalisée lors de l'étape de réalisation 180 étant un vol d'approche en direction du point objectif 55 jusqu'à la distance préétablie du point objectif 55.

[0172] Une fois ce vol d'approche terminé, une étape de détermination 240 de la position et de l'attitude de l'aéronef 1 ainsi qu'une étape de détermination 250 des positions et des mouvements de chaque objet 50 et du point objectif 55 relativement à l'aéronef 1 sont réalisées de façon identique aux étapes de détermination 140,150 précédemment décrites. Ensuite, une étape de transfert 260 et une étape d'estimation 270 d'une enveloppe de sécurité 60 attachée à chaque objet 50 à suivre identiques aux étapes de transfert 160 et d'estimation 170 précédemment décrites sont réalisées.

[0173] Enfin, une étape de réalisation 280 d'une phase de vol particulière est réalisée, manuellement ou automatiquement, la phase de vol particulière étant un vol stationnaire au-dessus du point objectif 55 ou bien une phase d'atterrissage sur le point objectif 55.

[0174] De plus, selon cette variante, le procédé peut comporter des étapes optionnelles :

- une étape de détermination 155,255 par anticipation des mouvements de chaque objet 50 à suivre sur une durée d'anticipation, de sorte à estimer les positions prévisionnelles successives de chaque objet 50 à suivre sur cette durée d'anticipation et
- une étape d'affichage 156,256 des positions prévisionnelles successives de l'enveloppe de sécurité 60 attachée à chaque objet 50 sur le dispositif de visualisation 11 pour la durée d'anticipation.

[0175] Ces étapes optionnelles peuvent être réalisées entre l'étape de détermination 150,250 des positions et des mouvements de chaque objet 50 à suivre et du point objectif 55 et l'étape de transfert 160,260 des positions et des mouvements de chaque objet 50 à suivre et du point objectif 55 dans le repère terrestre local (X_T, Y_T, Z_T) .

[0176] Les étapes d'estimation 170,270 d'une enve-

loppe de sécurité 60 attachée à chaque objet 50 à suivre et de réalisation 180,280 d'une phase de vol particulière de l'aéronef 1 peuvent ainsi prendre en compte ces mouvements déterminés par anticipation de chaque objet 50 à suivre et les positions prévisionnelles successives de chaque objet 50 à suivre sur cette durée d'anticipation.

[0177] Naturellement, la présente invention est sujette à de nombreuses variations quant à sa mise en œuvre. Bien que plusieurs modes de réalisation aient été décrits, on comprend bien qu'il n'est pas concevable d'identifier de manière exhaustive tous les modes possibles. Il est bien sûr envisageable de remplacer un moyen décrit par un moyen équivalent sans sortir du cadre de la présente invention.

Revendications

1. Procédé d'aide à la navigation pour un aéronef (1) par détection d'objets (50) maritimes fixes et mobiles, ledit aéronef (1) comportant :

- au moins un dispositif de localisation (15) fournissant une position et/ou une vitesse absolue dudit aéronef (1),
- au moins une centrale inertielle (16) fournissant une attitude de l'aéronef (1),
- un dispositif de pilotage automatique (13) dudit aéronef (1),
- au moins un dispositif de visualisation (11),
- au moins un système de détection (20) destiné à la détection d'objets (50) maritimes fixes et mobiles, et
- au moins un calculateur (14),

caractérisé en ce que ledit procédé comporte les étapes suivantes :

- surveillance (110) d'une zone de surveillance sur une surface d'eau (100) par l'intermédiaire dudit au moins un système de détection (20),
- détection (120) d'au moins un objet (50) dans ladite zone de surveillance et estimation de sa position relativement audit aéronef (1) par l'intermédiaire dudit au moins un système de détection (20),
- sélection (130) d'au moins un objet (50) à suivre et d'un point objectif (55) sur un objet (50) à suivre,
- détermination (140) d'une position et d'une attitude dudit aéronef (1) dans un repère terrestre,
- détermination (150) des positions et des mouvements dudit au moins un objet (50) à suivre ainsi que des positions et des mouvements dudit point objectif (55) relativement audit aéronef (1) sur une durée glissante (Δt_{1-2}),
- transfert (160) desdites positions et desdits mouvements dudit au moins un objet (50) à sui-

vre ainsi que desdites positions et desdits mouvements dudit point objectif (55) d'un repère lié audit aéronef (1) vers ledit repère terrestre,

- estimation (170) d'une enveloppe de sécurité (60) attachée à chaque objet (50) à suivre à partir desdites positions et desdits mouvements desdits objets (50) à suivre dans ledit repère terrestre, ladite enveloppe de sécurité (60) se situant autour de chaque objet (50) et prenant en compte les mouvements dudit objet (50) à suivre sur ladite durée glissante (Δt_{1-2}),
- réalisation (180) d'une phase de vol particulière dudit aéronef par rapport audit point objectif (55), en respectant une distance de sécurité vis-à-vis de ladite enveloppe de sécurité (60) autour de chaque objet (50).

ladite étape d'estimation (170) de ladite enveloppe de sécurité (60) comportant les sous-étapes suivantes :

- détermination (171) d'un mouvement propre **caractérisé par** un vecteur vitesse pour chaque objet (50) à suivre sur ladite durée glissante (Δt_{1-2}),
- estimation (172) de variations des angles de roulis et de tangage ($\delta\varphi$, $\delta\theta$) et d'une variation de hauteur (δh) de chaque objet (50) à suivre sur ladite durée glissante (Δt_{1-2}),
- détermination (173) d'un centre de mouvement de chaque objet (50) à suivre par rapport auxdites variations desdits angles de roulis et de tangage ($\delta\varphi$, $\delta\theta$) sur ladite durée glissante (Δt_{1-2}), et
- estimation (174) d'une enveloppe de sécurité (60) attachée à chaque objet (50) à suivre se situant autour de chaque objet (50) à suivre et en prenant en compte ledit centre de mouvement pour chaque objet (50) à suivre en fonction de ladite variation de hauteur (δh) et desdites variations desdits angles de roulis et de tangage ($\delta\varphi$, $\delta\theta$) de chaque objet (50) à suivre sur ladite durée glissante (Δt_{1-2}).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite étape de sélection (130) d'au moins un objet (50) à suivre et d'un point objectif (55) comporte les sous-étapes suivantes :

- affichage (131) d'au moins un objet (50) détecté sur ledit dispositif de visualisation (11) dudit aéronef (1), et
- sélection manuelle (132) sur ledit dispositif de visualisation (11) d'au moins un objet (50) à suivre et d'un point objectif (55) sur un objet (50) à suivre.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite étape de sélection

- (130) d'au moins un objet (50) à suivre et d'un point objectif (55) comporte les sous-étapes suivantes :
- application (133) d'un processus de reconnaissance de forme d'au moins un objet (50) détecté aux informations fournies par ledit au moins un système de détection (20),
 - identification (134) d'au moins un objet (50) détecté par comparaison de la forme attribuée à chaque objet (50) détecté avec au moins une base de données contenant des formes d'objets maritimes connus, et
 - sélection automatique (138) d'au moins un objet (50) à suivre dont la forme est identifiée dans ladite au moins une base de données et d'un point objectif (55) sur un objet (50) à suivre.
4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite étape de sélection (130) d'au moins un objet (50) à suivre et d'un point objectif (55) comporte les sous-étapes suivantes :
- application (133) d'un processus de reconnaissance de forme d'au moins un objet (50) détecté aux informations fournies par ledit au moins un système de détection (20),
 - identification (134) d'au moins un objet (50) détecté par comparaison de la forme attribuée à chaque objet (50) détecté avec au moins une base de données contenant des objets maritimes connus
 - présélection automatique (135) d'au moins un objet (50) dont la forme est identifiée dans ladite au moins une base de données,
 - affichage (136) d'au moins un objet (50) présélectionné sur ledit dispositif de visualisation (11) dudit aéronef (1), et
 - sélection manuelle (137) sur ledit dispositif de visualisation (11) d'au moins un objet (50) à suivre et/ou d'un point objectif (55) sur un objet (50) à suivre.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** ladite étape de réalisation (180) d'une phase de vol particulière dudit aéronef (1) par rapport audit point objectif (55) comporte les sous étapes suivantes :
- détermination (181) d'une trajectoire de vol par rapport audit point objectif (55) en respectant ladite distance de sécurité vis-à-vis de ladite enveloppe de sécurité (60) attachée à chaque objet (50) à suivre, et
 - suivi automatique (182) de ladite trajectoire de vol par ledit dispositif de pilotage automatique dudit aéronef (1) de sorte à réaliser ladite phase de vol particulière selon ladite trajectoire de vol.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** ladite étape de réalisation (180) d'une phase de vol particulière dudit aéronef (1) par rapport audit point objectif (55) comporte les sous étapes suivantes :
- affichage (183) de ladite enveloppe de sécurité (60) attachée à chaque objet (50) à suivre et dudit point objectif (55) sur ledit dispositif de visualisation (11), et
 - pilotage manuel (184) dudit aéronef (1) par un pilote dudit aéronef (1) de sorte à réaliser ladite phase de vol particulière.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** ladite phase de vol particulière par rapport au point objectif (55) comporte un vol d'approche en direction dudit point objectif (55), une phase d'atterrissage sur ledit point objectif (55) et/ou une phase de vol stationnaire au dessus dudit point objectif (55).
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** ladite distance de sécurité est variable pour chaque objet (50) à suivre en fonction des dimensions de ladite enveloppe de sécurité (60) attachée à chaque objet (50) à suivre.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** ledit au moins un système de détection (20) destiné à la détection d'objets (50) maritimes fixes et mobiles comporte au moins un détecteur électromagnétique, optique et/ou acoustique.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** ladite étape d'estimation (170) d'une enveloppe de sécurité (60) est faite par une construction de ladite enveloppe de sécurité (60) en trois dimensions autour de chaque objet (50) à suivre.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** ladite sous-étape d'estimation (174) d'une enveloppe de sécurité (60) prend en compte une variation verticale d'eau (δm) de ladite surface de l'eau (100) afin d'anticiper l'effet de ladite variation verticale d'eau (δm) sur chaque objet (50) à suivre.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11,

caractérisé en ce que ladite phase de vol particulière par rapport au point objectif (55) réalisée lors de ladite étape de réalisation (180) étant un vol d'approche en direction dudit point objectif (55), ledit procédé comporte des étapes supplémentaires :

- détermination (240) d'une position et d'une attitude de l'aéronef (1) dans ledit repère terrestre,
- détermination (250) des positions et des mouvements dudit au moins un objet (50) à suivre ainsi que des positions et des mouvements dudit point objectif (55) relativement audit aéronef (1) sur ladite durée glissante (Δt_{1-2}),
- transfert (260) desdites positions et desdits mouvements dudit au moins un objet (50) à suivre ainsi que desdites positions et desdits mouvements dudit point objectif (55) dudit repère lié audit aéronef (1) vers ledit repère terrestre,
- estimation (270) d'une enveloppe de sécurité (60) attachée à chaque objet (50) à suivre à partir desdites positions et desdits mouvements desdits objets (50) à suivre dans ledit repère terrestre, ladite enveloppe de sécurité (60) se situant autour de chaque objet (50) à suivre et prenant en compte les mouvements dudit objet (50) à suivre sur ladite durée glissante (Δt_{1-2}), et
- réalisation (280) d'une phase d'atterrissage sur ledit point objectif (55) ou bien d'une phase de vol stationnaire au dessus dudit point objectif (55), en respectant une distance de sécurité vis-à-vis de ladite enveloppe de sécurité (60) attachée à de chaque objet (50).

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12,

caractérisé en ce que ledit procédé comporte deux étapes supplémentaires :

- détermination (190) par anticipation des mouvements de chaque objet (50) à suivre sur une durée d'anticipation, et
- affichage (200) de positions prévisionnelles successives de ladite enveloppe de sécurité (60) attachée à chaque objet (50) à suivre sur ledit dispositif de visualisation (11) pour ladite durée d'anticipation.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13,

caractérisé en ce que ladite étape de détermination (150) desdites positions et desdits mouvements de chaque objet (50) à suivre et du point objectif (55) comporte une reconstruction de points élevés rectilignes caractéristiques de chaque objet (50) à suivre et dudit point objectif (55) à l'aide d'une ou plusieurs transformées de Hough.

15. Système (10) d'aide à la navigation pour un aéronef

(1) par détection d'objets (50) maritimes fixes et mobiles, ledit système (10) comportant :

- au moins un dispositif de localisation (15) fournissant une position et/ou une vitesse absolue dudit aéronef (1),
- au moins une centrale inertielle (16) fournissant une attitude de l'aéronef (1),
- un dispositif de pilotage automatique (13) dudit aéronef (1),
- au moins un dispositif de visualisation (11),
- au moins un système de détection (20) destiné à la détection d'objets (50) maritimes fixes et mobiles, et
- au moins un calculateur (14).

caractérisé en ce que ledit système (10) est configuré pour mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14.

16. Aéronef (1) comportant un système (10) d'aide à la navigation pour un aéronef (1),

caractérisé en ce que ledit système (10) est selon la revendication 15.

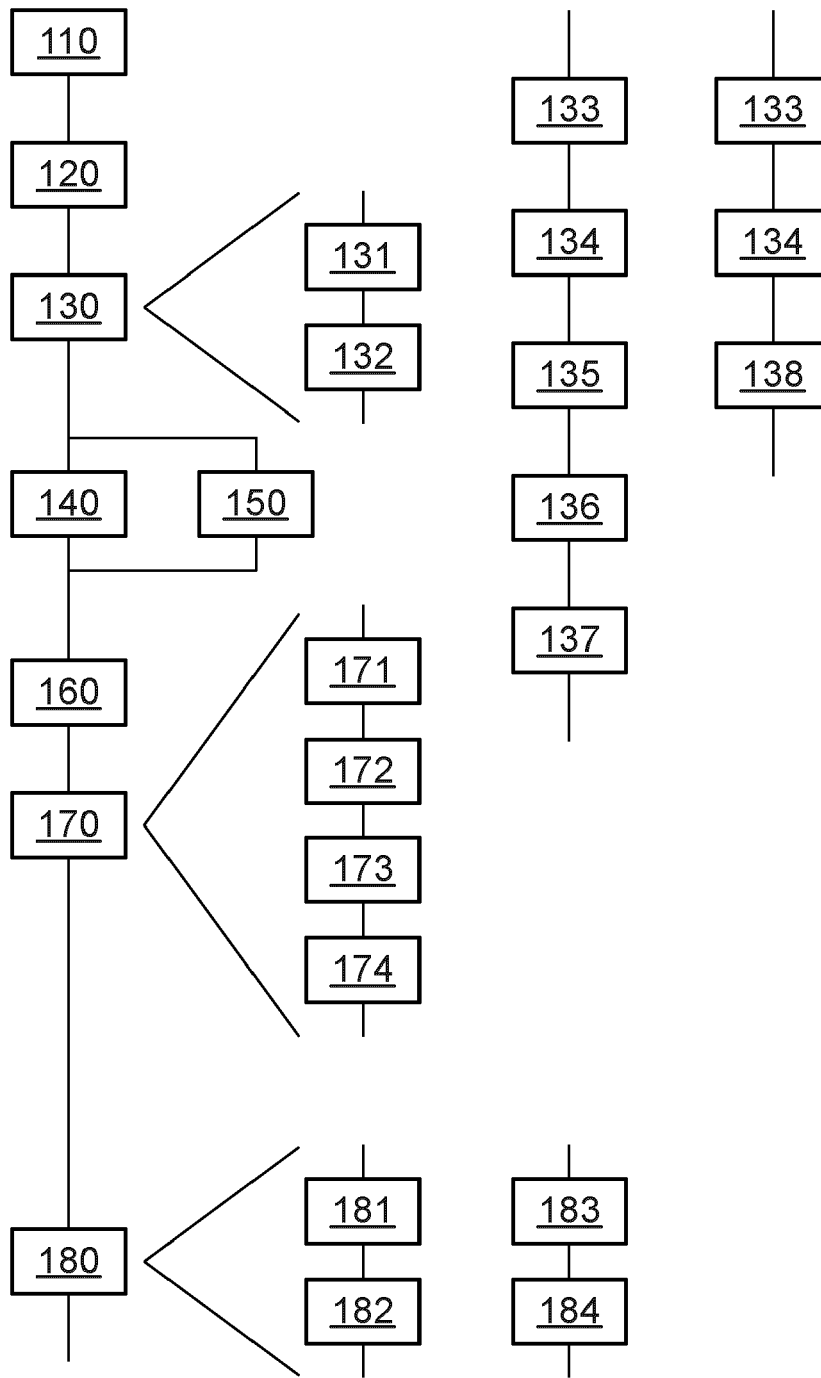


Fig.3

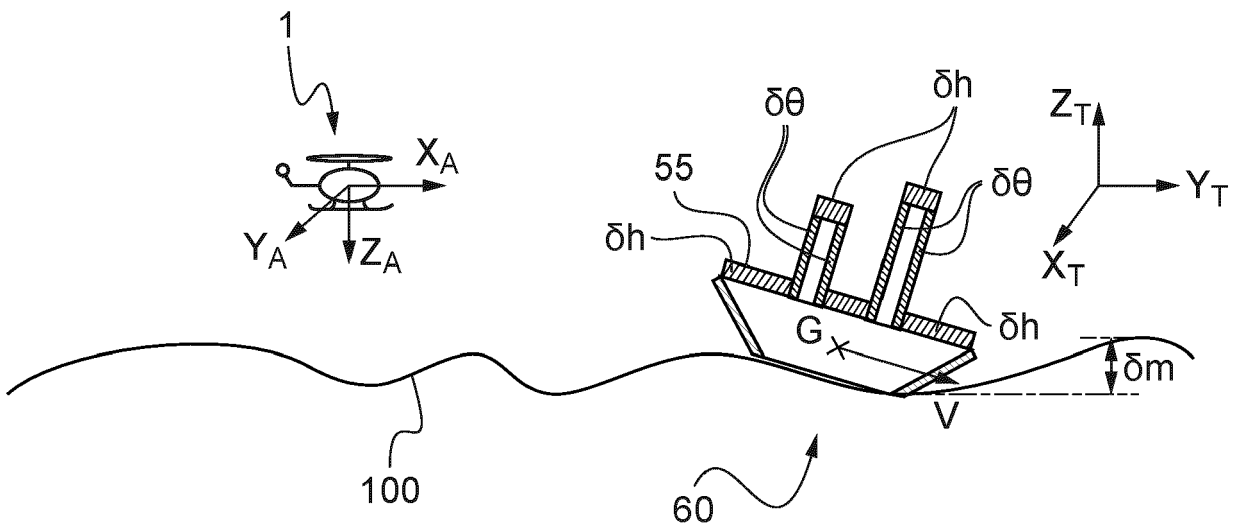


Fig.4

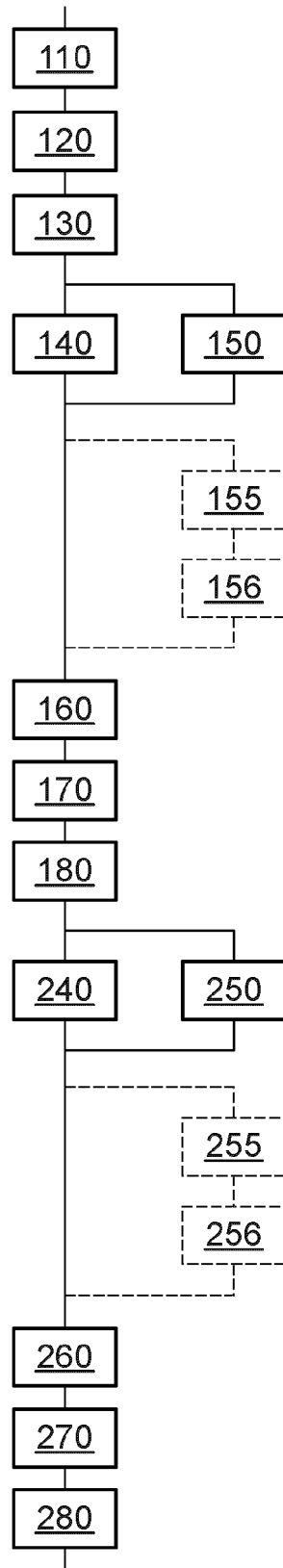


Fig.5



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 20 21 0031

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2016/284222 A1 (NICHOLLS JAMES ALEXANDER [US] ET AL) 29 septembre 2016 (2016-09-29) * abrégé; figure 1 * * alinéas [0015], [0018] - [0020], [0023] - [0025], [0034], [0039] *	1-16	INV. G08G5/00 G08G5/02 G08G5/04
A	US 2014/365044 A1 (CANALE NICOLAS [FR] ET AL) 11 décembre 2014 (2014-12-11) * abrégé * * alinéas [0003], [0006] - [0007], [0049] - [0059], [0071] *	1-16	
A	FR 3 061 343 A1 (THALES SA [FR]) 29 juin 2018 (2018-06-29) * abrégé * * page 3, ligne 8 - page 4, ligne 28 *	1-16	
A	US 2018/211549 A1 (COHEN MOSHE [IL]) 26 juillet 2018 (2018-07-26) * abrégé; figure 3 * * alinéas [0009] - [0010], [0057] *	1-16	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G08G
1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 23 avril 2021	Examineur de Biolley, Luc
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.

EP 20 21 0031

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

23-04-2021

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2016284222 A1	29-09-2016	EP 3073289 A1 EP 3306349 A2 US 2016284222 A1	28-09-2016 11-04-2018 29-09-2016
US 2014365044 A1	11-12-2014	EP 2811357 A1 EP 2811358 A1 FR 3006800 A1 US 2014365044 A1 US 2014365045 A1	10-12-2014 10-12-2014 12-12-2014 11-12-2014 11-12-2014
FR 3061343 A1	29-06-2018	AUCUN	
US 2018211549 A1	26-07-2018	EP 3326167 A1 IL 240073 A US 2018211549 A1 WO 2017013650 A1	30-05-2018 30-06-2020 26-07-2018 26-01-2017

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 3125213 A [0012]
- EP 3082121 A [0013]
- EP 3270365 A [0014]
- EP 2515285 A1 [0015]
- US 20160284222 A [0017]
- US 20140365044 A [0018]
- FR 3061343 [0019]
- WO 2018182814 A [0020] [0021]
- EP 2824529 A [0020] [0022]
- US 20180211549 A [0020] [0023]