



(11) **EP 4 170 627 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
25.12.2024 Bulletin 2024/52

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G08G 5/00^(2006.01) G08G 5/02^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **22185811.1**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G08G 5/0021; G08G 5/0086; G08G 5/025

(22) Date de dépôt: **19.07.2022**

(54) **PROCEDE ET SYSTEME D'AIDE AU PILOTAGE D'UN AERONEF EN VOL**

HILFSVERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR STEUERUNG EINES LUFTFAHRZEUGS IM FLUG
METHOD AND SYSTEM TO ASSIST WITH PILOTING AN AIRCRAFT IN FLIGHT

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **22.10.2021 FR 2111238**

(43) Date de publication de la demande:
26.04.2023 Bulletin 2023/17

(73) Titulaire: **Airbus Helicopters
13725 Marignane Cedex (FR)**

(72) Inventeur: **ASTRUC, Joël
13540 Puyricard (FR)**

(74) Mandataire: **GPI Brevets
1330, rue Guillaibert de la Lauzière
EuroParc de Pichauray
Bât B2
13856 Aix en Provence Cedex 3 (FR)**

(56) Documents cités:
**EP-A1- 2 708 853 US-A1- 2012 154 178
US-A1- 2015 362 332**

- **TEHRANI MOHSEN H ET AL: "Low-altitude horizon-based aircraft attitude estimation using UV-filtered panoramic images and optic flow", IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 52, no. 5, 1 October 2016 (2016-10-01), pages 2362 - 2375, XP011639058, ISSN: 0018-9251, [retrieved on 20170110], DOI: 10.1109/TAES.2016.14-0534**
- **BERTIL GRELSSON ET AL: "Probabilistic Hough Voting for Attitude Estimation from Aerial Fisheye Images", 17 June 2013, ADVANCES IN BIOMETRICS : INTERNATIONAL CONFERENCE, ICB 2007, SEOUL, KOREA, AUGUST 27 -29, 2007 ; PROCEEDINGS; [LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE; LECT.NOTES COMPUTER], SPRINGER, BERLIN, HEIDELBERG, PAGE(S) 478 - 488, ISBN: 978-3-540-74549-5, XP047030606**
- **IVAN F MONDRAGAN ET AL: "Unmanned aerial vehicles UAVs attitude, height, motion estimation and control using visual systems", AUTONOMOUS ROBOTS, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, BO, vol. 29, no. 1, 10 April 2010 (2010-04-10), pages 17 - 34, XP019813165, ISSN: 1573-7527**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 4 170 627 B1

Description

[0001] La présente invention est du domaine des aides au pilotage des aéronefs et des giravions en particulier.

[0002] La présente invention concerne un procédé d'aide au pilotage d'un aéronef en vol ainsi qu'un système d'aide au pilotage d'un aéronef en vol.

[0003] L'aéronef peut être un giravion comportant au moins une voilure tournante, par exemple au moins un rotor de sustentation, lui permettant notamment de réaliser des vols stationnaires ainsi que des vols d'avancement à faibles vitesses. Un aéronef peut également réaliser des décollages et des atterrissages sur des aires d'atterrissage de dimensions réduites.

[0004] Un aéronef peut se poser sur des aires d'atterrissage préparées. Une aire d'atterrissage préparée peut être située sur le sol, sur le toit d'un immeuble, ainsi que sur un bateau ou encore une plate-forme située en mer.

[0005] Un aéronef peut aussi se poser sur des aires d'atterrissage non préparées situées dans un environnement urbain, et de fait potentiellement entourées d'immeubles et/ou de mobiliers urbains notamment. Un aéronef peut aussi se poser sur des aires d'atterrissage non préparées situées dans un environnement naturel et dans ce cas potentiellement entourées de végétation et susceptibles de ne pas être parfaitement planes, voire de comporter des rochers.

[0006] Dès lors, afin d'aider un pilote lors des phases d'atterrissage et de décollage, le cockpit d'un aéronef peut comporter une zone transparente, par exemple vitrée, au niveau des pieds du pilote de sorte à lui permettre de voir le sol. Toutefois, la vision du sol reste partielle et la zone observable à des dimensions qui se réduisent au fur et à mesure que l'aéronef se rapproche du sol. A proximité de l'aire d'atterrissage, le pilote ne peut éventuellement pas voir les points de contact possibles pour au moins certains trains d'atterrissage de l'aéronef.

[0007] Un aéronef peut également comporter un système d'indication du point d'atterrissage comme décrit dans le document EP 2708853. Ce système comporte au moins une caméra et un écran affichant une vision de la zone située sous l'aéronef. Ce système comporte aussi un dispositif de mesure d'une attitude de l'aéronef. L'écran affiche une indication de la position projetée au sol de l'aéronef, notamment en fonction de son attitude.

[0008] En outre, le document US 2012/0154178 décrit un procédé de présentation d'informations d'attitude et de cap d'un aéronef sur un affichage, consistant à partir des données fournies par une centrale inertielle à représenter des éléments graphiques en trois dimensions sur un affichage en deux dimensions, et à présenter les informations d'attitude (roulis, tangage, voire lacet) et de cap sur l'affichage en deux dimensions en les associant à au moins un élément graphique d'attitude spatiale indiquant l'attitude de l'aéronef. Par exemple, une sphère fixe transparente représente un référentiel inertiel, deux demi-sphères supérieure et inférieure représentant respectivement le ciel et le sol.

[0009] Dans ce cadre, la présente invention a pour objectif de s'affranchir des limitations mentionnées en proposant une assistance au pilotage d'un aéronef en permettant au pilote de visualiser, sensiblement en temps réel ou quasi-réel, la zone située sous l'aéronef ainsi que la position de l'aéronef.

[0010] La présente invention a alors pour objet un procédé d'aide au pilotage d'un aéronef en vol selon la revendication 1, ainsi qu'un système d'aide au pilotage d'un aéronef en vol selon la revendication 15.

[0011] La structure de l'aéronef comporte par exemple une cellule, voire une poutre de queue et/ou des ailes. Un pilote et éventuellement d'autres occupants sont installés dans la cellule pendant le vol de l'aéronef.

[0012] Le cercle d'horizon représente la projection de la ligne d'horizon autour de l'aéronef. Le diamètre du cercle d'horizon est constant, à savoir indépendant de la hauteur et de l'attitude de l'aéronef. La valeur du diamètre du cercle d'horizon est prédéterminée, notamment en fonction des dimensions du dispositif de visualisation ainsi que des dimensions de la représentation et/ou des caractéristiques optiques du dispositif de capture.

[0013] La première position et la seconde position qui correspondent respectivement à des projections verticales sur la zone survolée d'un premier point de référence de l'aéronef et d'un second point de référence du dispositif de capture d'images se déplacent sur la représentation lors des changements d'attitude de l'aéronef.

[0014] De fait, le symbole illustrant l'empreinte de l'aéronef sur la zone survolée se déplace sur la représentation lors des changements d'attitude de l'aéronef.

[0015] La seconde position peut avantageusement être calculée sans utiliser la hauteur de l'aéronef, bien que cette position soit fonction de cette hauteur. Cette seconde position est la position d'une projection verticale sur la zone survolée d'un second point de référence du dispositif de capture d'images. Dès lors, cette seconde position peut être déterminée par rapport au centre de l'image captée par le dispositif de capture d'images en fonction d'un paramètre du dispositif de capture d'images et de l'attitude de l'aéronef. Ce paramètre est par exemple la focale de l'objectif du dispositif de capture d'images, cette focale étant dans ce cas fixe. Ce paramètre peut aussi être une focale équivalente lorsque la représentation de la zone survolée est formée à partir de plusieurs images.

[0016] Alternativement, cette seconde position peut être calculée en fonction de l'attitude et de la hauteur de l'aéronef.

[0017] De même, le cercle d'horizon qui est toujours centré sur la seconde position se déplace également sur la représentation lors des changements d'attitude de l'aéronef. En conséquence, et en fonction de l'attitude de l'aéronef, le cercle d'horizon peut n'être affiché que partiellement sur la représentation, par exemple lorsque l'aéronef a un angle de cabrage et/ou un angle de roulis important. Le cercle d'horizon permet ainsi au pilote de l'aéronef de visualiser sur la représentation les change-

ments d'attitude de l'aéronef ainsi que les obstacles situés en hauteur, en particulier au-dessus du cercle d'horizon.

[0018] Grâce à l'affichage de la position projetée de l'aéronef sur la zone survolée et du cercle d'horizon sur le dispositif de visualisation superposé à la représentation de la zone survolée, le pilote peut situer l'aéronef par rapport à la zone survolée, et notamment par rapport à l'aire d'atterrissage et aux éventuels obstacles ou objets situés sur ou à proximité de l'aire d'atterrissage.

[0019] Le pilote peut alors effectuer en sécurité un atterrissage sur tout type d'aires d'atterrissage, préparées ou non.

[0020] Le dispositif de capture d'images est dirigé vers le sol et permet de capter des images de la zone survolée par l'aéronef lorsque l'aéronef est en vol. Le dispositif de capture d'images peut être fixé à la cellule ou à la poutre de queue, voir à une aile.

[0021] La zone survolée peut être par exemple le sol terrestre, le toit d'un immeuble, un bateau ou encore une plate-forme située en mer.

[0022] La hauteur de l'aéronef par rapport à la zone survolée est égale à la plus courte distance entre l'aéronef et la zone survolée, cette hauteur étant définie parallèlement à la direction de la gravité terrestre. La hauteur de l'aéronef peut être définie par exemple par rapport à un point prédéterminé de l'aéronef.

[0023] L'attitude de l'aéronef caractérise l'assiette de l'aéronef, à savoir son angle de roulis et son angle de tangage autour respectivement d'un axe de roulis et d'un axe de tangage de l'aéronef. L'aéronef a une attitude nulle lorsque son angle de roulis et son angle de tangage sont simultanément égaux à zéro. Les axes de roulis et de tangage de l'aéronef sont alors parallèles à un plan horizontal défini perpendiculairement à la direction de la gravité terrestre.

[0024] Le procédé selon l'invention peut de plus comprendre une ou plusieurs des caractéristiques qui suivent, prises seules ou en combinaison.

[0025] Selon un exemple, la représentation de la zone survolée couvre un champ angulaire de 360° dans un plan horizontal et d'au moins 180° dans un plan vertical lorsque l'attitude de l'aéronef est nulle, le plan vertical étant parallèle à une direction de la gravité terrestre et le plan horizontal étant perpendiculaire à la direction de la gravité terrestre. De la sorte, le pilote a une vue d'ensemble de la zone survolée afin d'appréhender tous les obstacles susceptibles de se trouver dans la zone survolée notamment les obstacles en hauteur dépassant du cercle d'horizon. De Préférence, la représentation de la zone survolée couvre un champ angulaire de 360° dans un plan horizontal et d'au moins 220° dans un plan vertical lorsque l'attitude de l'aéronef est nulle.

[0026] Cette représentation de la zone survolée est suffisante pour permettre au pilote de l'aéronef de prendre conscience de l'environnement de l'aire d'atterrissage et de réaliser alors une manoeuvre d'atterrissage en toute sécurité. De plus, dans ce cas, la représentation

de la zone survolée permet au pilote d'avoir une idée de l'attitude de l'aéronef, notamment grâce aux mouvements relatifs du ciel sur la représentation de la zone survolée et la position du cercle d'horizon qui peut être excentrée sur la représentation de la zone survolée.

[0027] Selon un autre exemple compatible avec les précédents, le dispositif de capture d'images peut comporter au moins une seule caméra ou un seul appareil photographique.

[0028] Selon une première variante, le dispositif de capture d'images peut comporter une seule caméra ou un seul appareil photographique fixe par rapport à la structure de l'aéronef et muni d'un objectif couvrant un champ angulaire de 360° dans un plan perpendiculaire à un axe optique de la caméra ou de l'appareil photographique et un champ d'au moins 180° dans un plan parallèle à cet axe optique. Cet axe optique est par exemple parallèle à une direction de la gravité terrestre lorsque l'aéronef a une attitude nulle. Le second point de référence du dispositif de capture d'images est alors le centre de cet objectif. La représentation de la zone survolée correspond alors exactement à l'image captée par le dispositif de capture d'images.

[0029] Dans ce but, la caméra ou l'appareil photographique peut comporter un objectif de type « fish-eye ». Un tel objectif entraîne par sa construction une déformation de l'image captée selon une projection équidistante ou équisolide par exemple.

[0030] Selon une deuxième variante, le dispositif de capture d'images peut comporter une seule caméra ou un seul appareil photographique mobile par rapport à la structure de l'aéronef afin de couvrir un champ angulaire de 360° dans un plan horizontal et un champ d'au moins 180° dans un plan vertical.

[0031] Selon une troisième variante, le dispositif de capture d'images peut comporter plusieurs caméras ou plusieurs appareils photographiques fixe par rapport à la structure de l'aéronef et couvrant conjointement un champ angulaire de 360° dans un plan horizontal et un champ d'au moins 180° dans un plan vertical.

[0032] Pour les deuxième et troisième variantes, la représentation de la zone survolée est alors construite par le calculateur à partir des images fournies par le dispositif de capture d'images. La représentation de la zone survolée peut avoir une projection équidistante ou équisolide par exemple.

[0033] Selon un autre exemple compatible avec les précédents, le symbole peut être représenté sur le dispositif de visualisation avec des dimensions variables en fonction de la hauteur. De la sorte, les dimensions du symbole peuvent être représentatives des dimensions de la projection verticale de l'aéronef sur la zone survolée, en étant variables en fonction de la hauteur de l'aéronef.

[0034] Le procédé peut dans ce cas comporter une étape supplémentaire de calcul par le calculateur des dimensions du symbole au moins en fonction de la hauteur de l'aéronef. Cette étape supplémentaire de calcul

utilise éventuellement les dimensions de l'aéronef et la hauteur de l'aéronef pour calculer les dimensions du symbole.

[0035] Le symbole peut aussi être représenté sur le dispositif de visualisation avec des dimensions constantes lorsque la hauteur est supérieure à un premier seuil prédéterminé et le symbole peut être représenté sur le dispositif de visualisation avec des dimensions variables, éventuellement représentatives des dimensions de la projection verticale de l'aéronef sur la zone survolée, au moins en fonction de la hauteur lorsque la hauteur est inférieure ou égale au premier seuil. Les dimensions du symbole permettent au pilote d'évaluer la hauteur de l'aéronef. Le premier seuil est par exemple égal à 150 pieds (150fts), un pied étant égal à 0.3048 mètre.

[0036] Dans ce cas, le procédé peut également comporter l'étape supplémentaire de calcul des dimensions du symbole, cette étape étant appliquée lorsque les dimensions du symbole sont variables en fonction de la hauteur.

[0037] De plus, pour éviter un changement intempestif dans la gestion des dimensions du symbole autour d'une hauteur égale au premier seuil, un seuil à hystérésis peut être utilisé. Le premier seuil comporte alors un premier seuil haut et un premier seuil bas. Le symbole est représenté avec des dimensions constantes lorsque la hauteur est supérieure au premier seuil haut et le symbole est représenté avec des dimensions variables lorsque la hauteur est inférieure ou égale au premier seuil bas. Lorsque la hauteur décroît à partir d'une valeur supérieure au premier seuil haut et reste supérieure au premier seuil bas, le symbole est représenté avec des dimensions constantes. Inversement, lorsque la hauteur croît à partir d'une valeur inférieure au premier seuil bas et reste inférieure au premier seuil haut, le symbole est représenté avec des dimensions variables.

[0038] Une valeur d'hystérésis du premier seuil est égale à la différence entre le premier seuil haut et le premier seuil bas, et est par exemple égale à 20 pieds.

[0039] Selon un autre exemple compatible avec les précédents, le symbole peut être représenté sur le dispositif de visualisation avec des formes différentes lorsque ladite hauteur est supérieure à un premier seuil prédéterminé et lorsque ladite hauteur est inférieure ou égale audit premier seuil. De la sorte, un tel changement de forme du symbole peut indiquer au pilote du giravion que l'aéronef est à une hauteur inférieure ou égale au premier seuil et se rapproche donc de la zone survolée. Dans ce cas, un premier seuil peut également être un seuil à hystérésis comme précédemment évoqué.

[0040] Le procédé peut également associer simultanément un changement de forme du symbole et une variation des dimensions du symbole au passage du premier seuil. Un premier symbole peut ainsi être représenté sur le dispositif de visualisation avec des dimensions constantes lorsque la hauteur est supérieure au premier seuil prédéterminé et un second symbole, différent du premier symbole, peut être représenté sur le dispositif

de visualisation avec des dimensions variables en fonction de la hauteur de l'aéronef lorsque la hauteur est inférieure ou égale au premier seuil.

[0041] En outre, le symbole peut être représenté sur le dispositif de visualisation avec des dimensions constantes indépendamment de la hauteur de l'aéronef. De la sorte, quelle que soit la hauteur de l'aéronef, le symbole de l'aéronef est affiché avec les mêmes dimensions.

[0042] Selon un autre exemple compatible avec les précédents, l'aéronef peut comporter au moins un rotor de sustentation, agencé par exemple au dessus de la structure, et le symbole comporte alors une forme représentant la structure et au moins un cercle rotor correspondant au rotor de sustentation. Le procédé comporte alors l'étape supplémentaire de calcul des dimensions du symbole et au cours de cette étape supplémentaire de calcul, les caractéristiques dimensionnelles dudit au moins un cercle rotor et les caractéristiques dimensionnelles de la forme représentant la structure sont calculées en fonction respectivement du diamètre dudit au moins un rotor de sustentation et des dimensions de la structure ainsi que de la hauteur de l'aéronef. Cette étape supplémentaire de calcul permet notamment de transférer ledit moins un cercle rotor et la forme représentant la structure d'un repère lié à l'aéronef vers un repère lié au dispositif de capture d'images

[0043] Selon un autre exemple compatible avec les précédents, l'aéronef comportant au moins un rotor de sustentation, le premier point de référence de l'aéronef peut être un centre de rotation d'un rotor de sustentation parmi ledit au moins un rotor de sustentation.

[0044] Selon un autre exemple compatible avec les précédents, le premier dispositif de mesure peut comporter par exemple au moins une centrale inertielle ou un dispositif connu sous l'acronyme *AHRS* pour la désignation en langue anglaise « Attitude and Heading Reference System », au moins un inclinomètre ou autres, afin de déterminer ou de mesurer l'attitude de l'aéronef, à savoir ses angles de roulis et de tangage.

[0045] Selon un autre exemple compatible avec les précédents, le second dispositif de mesure peut permettre de mesurer directement la hauteur de l'aéronef par rapport à la zone survolée et peut comporter dans ce but une radiosonde par exemple. L'étape de détermination d'une hauteur de l'aéronef par rapport à la zone survolée comporte ainsi une mesure de cette hauteur par le second dispositif de mesure.

[0046] Le second dispositif de mesure peut alternativement comporter un altimètre barométrique permettant de mesurer une pression atmosphérique courante, qui est ensuite comparée avec une pression atmosphérique à l'altitude de la zone survolée afin de calculer la hauteur de l'aéronef par rapport à la zone survolée.

[0047] Le second dispositif de mesure peut alternativement comporter au moins un récepteur d'un système de localisation par satellites. Le récepteur fournit une position de l'aéronef dans un repère terrestre, par exemple sous la forme de coordonnées en latitude, longitude et

altitude par rapport à un niveau de référence, généralement le niveau de la mer. Cette position de l'aéronef dans le repère terrestre est ensuite combinée avec une modélisation du terrain en trois dimensions mémorisées ou bien avec les informations d'une base de données de terrain mémorisée afin de déterminer la hauteur de l'aéronef par rapport à la zone survolée.

[0048] La modélisation en trois dimensions du terrain peut être issue d'une base de données terrain stockée dans une mémoire.

[0049] L'étape de détermination d'une hauteur de l'aéronef par rapport à la zone survolée peut alternativement utiliser la focale d'un objectif du dispositif de capture d'images, grâce à un traitement adapté de la valeur de la focale.

[0050] Selon un autre exemple compatible avec les précédents, le procédé peut comporter une étape d'affichage sur le dispositif de visualisation d'un cercle de sécurité autour du symbole. Ce cercle de sécurité représente une bulle de sécurité autour de l'aéronef qui doit être respectée, par exemple lors d'un atterrissage, aucun obstacle ne devant être en interférence avec la bulle de sécurité et donc en interférence avec le cercle de sécurité sur la représentation de la zone survolée.

[0051] Le cercle de sécurité peut être centré sur une intersection des diagonales d'un rectangle dans lequel le symbole est inscrit.

[0052] Le cercle de sécurité peut avoir un diamètre variable en fonction de la hauteur. De la sorte, le diamètre du cercle de sécurité affiché sur la représentation peut être représentatif du diamètre réel de la bulle de sécurité à respecter autour de l'aéronef.

[0053] L'étape d'affichage du cercle de sécurité peut dans ce cas comporter une sous-étape de calcul par le calculateur pour calculer le diamètre du cercle de sécurité en fonction de la hauteur de l'aéronef et d'un diamètre d'un rotor de sustentation de l'aéronef.

[0054] Le diamètre de la bulle de sécurité est par exemple égal à deux fois le diamètre du rotor de sustentation de l'aéronef. Lorsque le symbole comporte une forme représentant la structure de l'aéronef et au moins un cercle rotor et que les dimensions du symbole sont également variables en fonction de la hauteur de l'aéronef, le diamètre du cercle de sécurité est alors égal à deux fois le diamètre du cercle rotor.

[0055] Le cercle de sécurité peut être représenté sur le dispositif de visualisation uniquement lorsque la hauteur est inférieure ou égale au second seuil. De la sorte, lorsque le cercle de sécurité est affiché, le pilote sait que l'aéronef se rapproche de la zone survolée et visualise l'information des dimensions de la projection verticale de la bulle de sécurité sur la zone survolée. Le second seuil est par exemple égal à 300 pieds (300fts).

[0056] Selon un autre exemple compatible avec les précédents, le procédé peut comporter une étape d'affichage sur le dispositif de visualisation de repères des points cardinaux, à savoir les directions du Nord, du Sud, de l'Est et de l'Ouest. Ces repères sont par exemple af-

fichés à proximité du cercle d'horizon.

[0057] Selon un autre exemple compatible avec les précédents, le procédé peut comporter une étape d'affichage sur le dispositif de visualisation d'un indicateur de cap de l'aéronef. Le cap de l'aéronef est aligné sur la direction de l'axe de roulis de l'aéronef et représenté sur la représentation de la zone survolée à l'avant de l'aéronef. L'indicateur de cap de l'aéronef est par exemple affiché à proximité du cercle d'horizon.

[0058] Selon un autre exemple compatible avec les précédents, le procédé peut comporter une étape d'affichage sur le dispositif de visualisation d'un indicateur de vent subi par l'aéronef. Cet indicateur de vent est porteur d'une information de vitesse et/ou d'une direction de vent, par exemple fournies par un anémomètre ou une girouette de l'aéronef.

[0059] La présente invention a aussi pour objet un système d'aide au pilotage d'un aéronef en vol. L'aéronef comporte une structure muni par exemple d'une cellule et éventuellement d'une poutre de queue et/ou d'ailerons, et au moins un rotor de sustentation agencé par exemple au-dessus de la cellule.

[0060] Le système d'aide au pilotage d'un aéronef en vol comporte :

- un dispositif de capture d'images,
- un premier dispositif de mesure pour déterminer une attitude de l'aéronef,
- un second dispositif de mesure pour déterminer une hauteur de l'aéronef par rapport à la zone survolée,
- un dispositif de visualisation, et
- un calculateur.

[0061] Ce système selon l'invention est ainsi configuré pour la mise en oeuvre du procédé d'aide au pilotage d'un aéronef en vol précédemment décrit. Ce système peut être installé sur un aéronef au moment de sa fabrication ou bien être ajouté à un aéronef déjà en service afin d'améliorer sa sécurité et permettre au pilote de visualiser facilement et en totalité une aire d'atterrissage et son environnement.

[0062] Le dispositif de capture d'images peut comporter au moins une caméra ou au moins un appareil photographique. Par exemple, le dispositif de capture d'images peut comporter une seule caméra ou au moins un seul appareil photographique muni d'un objectif couvrant un champ angulaire de 360° dans un plan perpendiculaire à un axe optique de la caméra ou de l'appareil photographique et d'au moins 180° dans un plan vertical parallèle à cet axe optique. Le second point de référence du dispositif de capture d'images est le centre de l'objectif.

[0063] L'invention et ses avantages apparaîtront avec plus de détails dans le cadre de la description qui suit avec des exemples de réalisation donnés à titre illustratif en référence aux figures annexées qui représentent :

- la figure 1, un aéronef muni d'un système d'aide au

- pilotage d'un aéronef selon l'invention,
- la figure 2, un schéma synoptique d'un procédé d'aide au pilotage d'un aéronef selon l'invention,
- la figure 3, une vue de l'aéronef et de la zone survolée,
- la figure 4, des images de la représentation de la zone survolée sur un dispositif de visualisation de l'aéronef,
- la figure 5, des images de la représentation de la zone survolée sur un dispositif de visualisation de l'aéronef, et
- la figure 6, des images de la représentation de la zone survolée sur un dispositif de visualisation de l'aéronef.

[0064] Les éléments présents dans plusieurs figures distinctes sont affectés d'une seule et même référence.

[0065] La figure 1 représente un aéronef 1 à voilure tournante muni d'un système 10 d'aide au pilotage de l'aéronef 1 en vol. L'aéronef 1 comporte par exemple une structure 2. La structure 2 peut être munie d'une cellule 4 et d'une poutre de queue 5 ainsi qu'au moins un rotor de sustentation 3 agencé par exemple au-dessus de la cellule 4. D'autres configurations d'aéronefs 1 sont envisageables dans le cadre de la présente invention, la structure 2 pouvant par exemple comporter des ailes.

[0066] Le système 10 comporte un dispositif de capture d'images 11 porté par la structure 2 et dirigé vers le sol, un premier dispositif de mesure 16 pour déterminer une attitude de l'aéronef 1, un second dispositif de mesure 17 pour déterminer une hauteur de l'aéronef 1 par rapport à la zone survolée, un dispositif de visualisation 15 et un calculateur 13.

[0067] Selon l'exemple de la figure 1, le dispositif de capture d'images 11 est positionné à la verticale d'un centre de rotation 35 du rotor de sustentation 3 lorsque l'aéronef 1 a une attitude nulle, une direction verticale étant parallèle à la direction de la gravité terrestre. Mais le dispositif de capture 11 peut alternativement être positionné à une autre position sous, voire dans la cellule 4, ou bien sous ou dans la poutre de queue 5, voire sous ou dans des ailes de la structure 2. Le dispositif de visualisation 15 est positionné dans la cellule 4 dans un emplacement visible par un pilote de l'aéronef 1.

[0068] Le dispositif de visualisation 15 peut comprendre un écran. Le dispositif de visualisation 15 peut alternativement comprendre une partie du pare-brise de l'aéronef 1 ou encore une tablette numérique embarquée dans l'aéronef 1, voire tout autre moyen d'affichage.

[0069] L'aéronef 1 peut par ailleurs comporter un anémomètre 18 ou une girouette afin de déterminer une direction et/ou une vitesse du vent subi par l'aéronef 1.

[0070] Le calculateur 13 peut comprendre une ou plusieurs unités de traitement ayant chacune par exemple au moins un processeur et au moins une mémoire 12, au moins un circuit intégré, au moins un système programmable, au moins un circuit logique, ces exemples ne limitant pas la portée donnée à l'expression calcula-

teur. Le terme processeur peut désigner aussi bien une unité centrale de traitement connue sous l'acronyme CPU, une unité graphique de traitement GPU, une unité digitale connue sous l'acronyme DSP, un microcontrôleur... Le calculateur 13 communique, par une liaison filaire ou une liaison sans fil, avec le premier et le second dispositifs de mesure 16, 17, le dispositif de capture d'images 11, la mémoire 12 et le dispositif de visualisation 15 ainsi qu'éventuellement avec l'anémomètre 18 ou la girouette.

[0071] Le système 10 d'aide au pilotage de l'aéronef 1 en vol peut aussi comporter une mémoire 19, communiquant avec le calculateur 13.

[0072] Le système 10 d'aide au pilotage de l'aéronef 1 en vol est configuré pour mettre en oeuvre un procédé d'aide au pilotage de l'aéronef 1 en vol dont un schéma synoptique est représenté sur la figure 2. Une mémoire 12, 19 peut comporter un code ou un segment de code appliqué par le calculateur 13 pour la réalisation de ce procédé. Ce procédé comporte les étapes suivantes.

[0073] Tout d'abord, une étape de détermination 110 pour déterminer une attitude de l'aéronef 1 est réalisée à l'aide du premier dispositif de mesure 16. Dans ce but, le premier dispositif de mesure 16 peut comporter au moins une centrale inertielle ou un dispositif AHRS. Le premier dispositif de mesure 16 transmet alors un signal, par exemple analogique ou numérique, électrique ou optique, au calculateur 13, ce signal étant porteur d'une information relative à l'attitude de l'aéronef 1.

[0074] L'attitude de l'aéronef 1 est définie par un angle de roulis et un angle de tangage de l'aéronef 1 autour respectivement d'un axe de roulis et d'un axe de tangage de l'aéronef 1.

[0075] Le procédé comporte une étape de détermination 120 pour déterminer une hauteur de l'aéronef 1 par rapport à la zone survolée est réalisée à l'aide du second dispositif de mesure 17, cette hauteur étant égale à la distance entre l'aéronef 1 et la zone survolée définie parallèlement à la direction de la gravité terrestre. Le second dispositif de mesure 17 transmet alors un signal, par exemple analogique ou numérique, électrique ou optique, au calculateur 13, ce signal étant porteur d'une information relative à la hauteur de l'aéronef 1.

[0076] Dans ce but, le second dispositif de mesure 17 peut par exemple comporter une radiosonde mesurant directement cette hauteur de l'aéronef 1 par rapport à la zone survolée, selon une direction verticale, parallèle à la direction de la gravité terrestre.

[0077] Selon un autre exemple, le second dispositif de mesure 17 peut comporter un altimètre barométrique permettant de mesurer une pression atmosphérique courante. L'étape de détermination 120 peut alors comporter une sous-étape de mesure 123 d'une pression atmosphérique courante autour de l'aéronef 1 réalisée à l'aide de l'altimètre barométrique. Ensuite, une sous-étape de calcul 124 est réalisée par le calculateur 13 ou une unité de traitement du second dispositif de mesure 17 afin de déterminer la hauteur de l'aéronef 1 en comparant la

pression atmosphérique courante avec une pression atmosphérique à l'altitude de la zone survolée, cette pression atmosphérique à l'altitude de la zone survolée ayant été préalablement stockée dans une mémoire de l'aéronef 1, par exemple suite à un paramétrage à l'aide d'une interface de l'aéronef 1.

[0078] Selon un autre exemple, le second dispositif de mesure 17 peut comporter un récepteur d'un système de localisation par satellites. L'étape de détermination 120 peut alors comporter une sous-étape de détermination 125 pour déterminer une position de l'aéronef 1 dans un repère terrestre réalisée à l'aide du récepteur du système de localisation par satellites. Ensuite, une sous-étape de calcul 126 pour calculer la hauteur de l'aéronef 1 par rapport à la zone survolée est réalisée par le calculateur 13 ou une autre unité de traitement à l'aide de la position de l'aéronef 1 dans le repère terrestre et d'une modélisation du terrain en trois dimensions ou d'une base de données du terrain stockée.

[0079] La modélisation du terrain en trois dimensions ou la base de données du terrain peut être stockée dans la mémoire 12, 19 ou dans une mémoire complémentaire intégrée par exemple au système 10 ou au second dispositif de mesure 17.

[0080] Selon un autre exemple, l'étape de détermination 120 peut utiliser la focale d'un objectif de la caméra ou de l'appareil photographique du dispositif de capture d'images 11 pour déterminer la hauteur de l'aéronef 1 par rapport à la zone survolée, à l'aide par exemple d'un traitement adapté de cette focale.

[0081] Le procédé comporte une étape de capture 130 pour capturer au moins une image de la zone survolée est également à l'aide du dispositif de capture d'images 11. Le dispositif de capture d'images 11 transmet alors un signal, par exemple analogique ou numérique, électrique ou optique, au calculateur 13, ce signal étant porteur d'informations relatives à au moins une image capturée de la zone survolée.

[0082] Dans ce but, le dispositif de capture d'images 11 peut comporter une seule caméra ou un seul appareil photographique fixe par rapport à la structure 2, comme représenté sur la figure 1. Par exemple le dispositif de capture d'images 11 couvre un champ angulaire de 360° dans un plan horizontal et un champ angulaire d'au moins 180° dans un plan vertical.

[0083] Le dispositif de capture d'images 11 peut alternativement comporter une seule caméra ou un seul appareil photographique mobile par rapport à la structure 2. La caméra ou l'appareil photographique se déplace alors selon un mouvement de rotation par rapport à un support solidaire de la structure 2, par exemple afin de couvrir un champ angulaire de 360° dans un plan horizontal et un champ angulaire d'au moins 180° dans un plan vertical.

[0084] Le dispositif de capture d'images 11 peut alternativement comporter plusieurs caméras ou plusieurs appareils photographiques fixes par rapport à la structure 2 et couvrant conjointement par exemple un champ an-

gulaire de 360° dans un plan horizontal et un champ angulaire d'au moins 180° dans un plan vertical.

[0085] Les étapes de détermination 110, 120 et 130 peuvent être réalisées de façon séquentielle telles que représentées ou bien en parallèle, à savoir sensiblement simultanément.

[0086] Le procédé comporte une étape d'affichage 140 pour afficher sur le dispositif de visualisation 15 une représentation 20, telle qu'illustrée aux figures 4 à 6 de la zone survolée. Le calculateur 13 transmet alors un signal, par exemple analogique ou numérique, électrique ou optique, au dispositif de visualisation 15 pour afficher la représentation 20, ce signal étant porteur d'informations relatives à la représentation 20.

[0087] La représentation 20 de la zone survolée couvre par exemple un champ angulaire de 360° dans un plan horizontal et d'au moins 180° dans un plan vertical lorsque l'attitude de l'aéronef 1 est nulle, le plan vertical étant parallèle à une direction de la gravité terrestre et le plan horizontal étant perpendiculaire à la direction de la gravité terrestre. Selon les exemples représentés sur les figures 4 à 6, la représentation 20 couvre un champ angulaire de 360° dans un plan horizontal et d'au moins 220° dans un plan vertical lorsque l'attitude de l'aéronef 1 est nulle.

[0088] La représentation 20 est formée par chaque image captée successivement par le dispositif de capture d'images 11 lorsqu'il comporte une seule caméra ou un seul appareil photographique fixe par rapport à la structure 2.

[0089] Lorsque le dispositif de capture d'images 11 comporte soit une seule caméra ou un seul appareil photographique mobile par rapport à la structure 2, soit plusieurs caméras ou plusieurs appareils photographiques fixes par rapport à la structure 2, Le calculateur 13 construit alors la représentation 20 à partir des images captées par le ou les caméras ou bien le ou les appareils photographiques et transmises au calculateur 13, de sorte à former une seule image de la zone survolée couvrant le champ angulaire requis. L'étape d'affichage 140 comporte alors une étape complémentaire de construction 145 de la représentation 20 à partir à partir des images captées par le ou les caméras ou bien le ou les appareils photographiques, cette étape complémentaire de construction 145 étant réalisée par exemple par le calculateur 13 ou une autre unité de traitement.

[0090] Cette représentation 20 permet à un pilote de l'aéronef 1 d'avoir une vision complète de la zone survolée située sous l'aéronef 1.

[0091] Le procédé comporte une étape de calcul 150 pour calculer une première position 33 sur la représentation 20 d'une projection verticale sur la zone survolée d'un premier point de référence 31 de l'aéronef 1 réalisée à l'aide du calculateur 13, en fonction de l'attitude de l'aéronef 1 et de la hauteur de l'aéronef 1 par rapport à la zone survolée. La projection verticale du premier point de référence 31 sur la zone survolée est effectuée parallèlement à la direction de la gravité terrestre. Dans ce

but, après avoir reçu les informations relatives à l'attitude et à la hauteur de l'aéronef 1, et connaissant les positions relatives des premier et second points de référence 31, 111, le calculateur 13 détermine la première position 33 sur la représentation 20 l'aide d'une loi mémorisée, d'un tableau de valeurs ou d'autres. Eventuellement, le calculateur 13 mémorise cette première position 33 dans une mémoire 12, 19. Le calculateur 13 peut ainsi déterminer et stocker les premières positions 33 successives lors d'un vol de l'aéronef 1.

[0092] Le procédé comporte une étape de calcul 160 pour calculer une seconde position 113 sur la représentation 20 d'une projection verticale sur la zone survolée d'un second point de référence 111 du dispositif de capture d'images 11 réalisée à l'aide du calculateur 13, en fonction de l'attitude de l'aéronef 1. La projection verticale du second point de référence 111 sur la zone survolée est effectuée parallèlement à la direction de la gravité terrestre. Dans ce but, après avoir reçu les informations relatives à l'attitude, le calculateur 13 détermine, l'aide d'une loi mémorisée, d'un tableau de valeurs ou d'autres, la seconde position 113 sur la représentation 20, et stocke éventuellement cette seconde position 113 dans une mémoire 12, 19. Le calculateur 13 peut ainsi déterminer et stocker les secondes positions 113 successives lors d'un vol de l'aéronef 1.

[0093] La loi mémorisée ou le tableau de valeurs peut par exemple faire intervenir un paramètre du dispositif de capture d'images 11 tel que la focale l'objectif du dispositif de capture d'images. La distance entre la seconde position et centre d'une image captée par le dispositif de capture d'images 11 est par exemple égale au produit d'un coefficient fonction de ce paramètre du dispositif de capture d'images multiplié par l'angle d'assiette de l'aéronef dans le cas d'une projection équidistante. Cette distance est par exemple égale au produit d'un coefficient fonction de ce paramètre du dispositif de capture d'images multiplié par le sinus de l'angle d'assiette de l'aéronef dans le cas d'une projection équisolide.

[0094] Le premier point de référence 31 et le second point de référence 111 sont des points spécifiques respectivement de l'aéronef 1 et du dispositif de capture d'images 11. Le point de référence 31 est par exemple un centre de rotation 35 du rotor de sustentation 3 de l'aéronef 1 et le second point de référence 111 est par exemple le centre de l'objectif de la caméra ou de l'appareil photographique du dispositif de capture d'images 11 comme représenté sur la figure 3,.

[0095] La figure 3 représente les première et seconde positions 33, 113 définies par projection verticale des premier et second points de référence 31, 111 sur la représentation 20.

[0096] Ensuite, une étape d'affichage 170 pour afficher sur le dispositif de visualisation 15 un symbole 21 représentant l'aéronef 1 est réalisée, un point d'origine du symbole 21 étant positionné sur la première position 31. Le calculateur 13 transmet alors un signal, par exemple analogique ou numérique, électrique ou optique, au dispositif

de visualisation 15 pour afficher le symbole 21, ce signal étant porteur d'informations relatives au symbole 21 et à la première position 33. Les figures 4 à 6 représentent l'affichage du symbole 21 positionnée sur la première position 33 sur le dispositif de visualisation 15 en superposition de la représentation 20 de la zone survolée.

[0097] Ainsi, le pilote de l'aéronef 1 peut visualiser le symbole 21 sur la représentation 20 et, par suite, sur la zone survolée afin notamment d'anticiper et de préparer un atterrissage en ayant une vision de l'aéronef par rapport à la zone survolée, à une zone d'atterrissage potentielle et à des éventuels obstacles.

[0098] Le symbole 21 peut être représenté sur le dispositif de visualisation 15 avec des dimensions constantes indépendamment de la hauteur de l'aéronef 1.

[0099] Le symbole 21 peut alternativement être représenté sur le dispositif de visualisation 15 avec des dimensions variables en fonction de cette hauteur de l'aéronef 1. Le procédé comporte alors une étape supplémentaire de calcul 165 pour calculer, à l'aide du calculateur 13 et d'une loi mémorisée, d'un tableau de valeurs ou d'autres, les dimensions du symbole 21 en fonction de la hauteur de l'aéronef 1. Les dimensions du symbole 21 peuvent par exemple correspondre, sur la représentation 20 aux dimensions de la projection verticale de l'aéronef 1 sur la zone survolée. Le calculateur 13 transmet alors au dispositif de visualisation 15 un signal, par exemple analogique ou numérique, électrique ou optique, porteur d'informations relatives aux dimensions du symbole 21.

[0100] Dans ce cas, l'étape supplémentaire de calcul 165 prend en compte l'échelle utilisée pour l'affichage de la zone survolée sur la représentation 20. Cette échelle peut par exemple être fonction d'une focale de la ou des caméras ou appareils photographiques du dispositif de capture d'images 11 et éventuellement d'un coefficient appliqué par le calculateur 13 pour l'affichage de la représentation 20 sur le dispositif de visualisation 15.

[0101] Le symbole 21 peut prendre diverses formes, telles qu'une croix, un cercle. Le point d'origine du symbole 21 peut par exemple être le centre du symbole 21.

[0102] Le symbole 21 peut alternativement prendre la forme d'un aéronef vu de dessus et comporter notamment un cercle rotor 213 représentant le rotor de sustentation 3 et une forme 212 représentant la structure 2 comme représenté sur les figures 5 et 6. Le point d'origine du symbole 21 peut dans ce cas être le centre du cercle rotor 213.

[0103] Lors de l'étape supplémentaire de calcul 165, le calculateur 13 détermine les dimensions du symbole 21, par exemple les caractéristiques dimensionnelles du cercle rotor 213 et de la forme 212 à l'aide d'une loi mémorisée, d'un tableau de valeurs ou d'autres en fonction respectivement d'un diamètre du rotor de sustentation 3 et des dimensions de la structure 2 ainsi que de la hauteur de l'aéronef 1. Le calculateur 13 transmet alors au dispositif de visualisation 15 un signal, par exemple analogique ou numérique, électrique ou optique, porteur d'in-

formations relatives aux dimensions du symbole 21.

[0104] Le symbole 21 peut alternativement être représenté sur le dispositif de visualisation 15 avec des dimensions constantes lorsque la hauteur de l'aéronef 1 est supérieure à ce premier seuil et le symbole 21 peut être représenté sur le dispositif de visualisation 15 avec des dimensions variables en fonction de cette hauteur, tel que précédemment évoqué, lorsque la hauteur est inférieure ou égale au premier seuil. Dans ce but, le calculateur 13 compare la hauteur au premier seuil. Dès lors, si la hauteur est supérieure à ce premier seuil, le calculateur 13 transmet au dispositif de visualisation 15 un signal porteur d'informations relatives à des dimensions constantes du symbole 21 et à la première position 31 et si lorsque la hauteur est inférieure ou égale au premier seuil, le calculateur 13 calcule les dimensions du symbole 21 en fonction notamment de cette hauteur et transmet au dispositif de visualisation 15 un signal porteur d'informations relatives à ces dimensions du symbole 21 et à la première position 31.

[0105] L'étape supplémentaire de calcul 165 est donc effectuée en fonction de la hauteur de l'aéronef 1 et du premier seuil, à savoir lorsque la hauteur est inférieure ou égale au premier seuil. En conséquence, le symbole 21 représentatif des dimensions de la projection verticale de l'aéronef 1 sur la zone survolée lorsque l'aéronef 1 est affiché lorsque l'aéronef 1 est situé à proximité de la zone survolée, à savoir à une hauteur inférieure ou égale au premier seuil, afin d'aider le pilote lors de ces manœuvres.

[0106] De plus, le premier seuil peut être un seuil à hystérésis et comporter à ce titre un premier seuil bas et un premier seuil haut. Le symbole 21 est alors représenté avec des dimensions constantes lorsque la hauteur est supérieure au premier seuil haut et le symbole 21 est représenté avec des dimensions variables lorsque la hauteur est inférieure ou égale au premier seuil bas. De plus, lorsque la hauteur est située entre le premier seuil haut et le premier seuil bas, la façon d'afficher le symbole, à savoir avec des dimensions constantes ou variables, n'est pas modifiée.

[0107] En outre, le procédé comporte une étape d'affichage 180 pour afficher sur le dispositif de visualisation 15 un cercle d'horizon 25 représentant une ligne d'horizon. Le cercle d'horizon 25 représente la projection de la ligne d'horizon autour de l'aéronef 1. Le cercle d'horizon 25 est affiché avec une valeur de diamètre constante, indépendamment de la hauteur et de l'attitude de l'aéronef 1. Le cercle d'horizon 25 est toujours centré sur la seconde position 113. La seconde position 113 peut donc se déplacer sur la représentation 20 lorsque l'attitude de l'aéronef 1 varie et le cercle d'horizon 25 peut alors ne pas apparaître entièrement sur la représentation 20, notamment lorsque l'angle de roulis et/ou l'angle de tangage de l'aéronef 1 est important. Le calculateur 13 transmet dans ce but au dispositif de visualisation 15 un signal, par exemple analogique ou numérique, électrique ou optique, porteur d'informations relatives aux dimensions du

cercle d'horizon 25 et à la seconde position 113.

[0108] Selon l'exemple d'aéronef 1 représenté sur la figure 1, le dispositif de capture d'images 11 comporte une seule caméra positionnée à la verticale du centre de rotation 35 du rotor de sustentation 3 lorsque l'aéronef 1 à une attitude nulle, ses angles de roulis et de tangage étant égaux à zéro. Un axe optique 117 du dispositif de capture d'images 11 est vertical lorsque l'aéronef 1 a une attitude nulle. Le premier point de référence 31 et le second point de référence 111 sont de fait situés sur cet axe optique 117. En conséquence, la première position 33 et la seconde position 113 sont affichées confondues et positionnées au centre de la représentation 20 lorsque l'aéronef 1 a une attitude nulle comme représentés sur les figures 3 et 4. Dans ce cas, le cercle d'horizon 25 et le symbole 21 sont sur la première position 33 et la seconde position 113 et donc positionnés au centre de la représentation 20.

[0109] Sur la figure 6, la première position 33 et la seconde position 113 sont distinctes et le cercle d'horizon 25 est excentré par rapport à la représentation 20. Une telle configuration peut être la conséquence de l'utilisation d'un dispositif de capture d'images 11 comportant par exemple une seule caméra décalée longitudinalement de la verticale du centre de rotation 35 du rotor de sustentation 3. Une telle caméra peut par exemple être positionnée sous la poutre de queue 5 selon l'exemple d'aéronef 1 représenté sur la figure 3.

[0110] Cela peut alternativement être la conséquence d'une attitude non nulle de l'aéronef 1. Dans le cas de la figure 6, ces deux raisons possibles sont combinées. On constate en effet que l'aéronef 1 a une attitude non nulle, la répartition du ciel autour du sol sur la représentation 20 n'étant pas uniforme.

[0111] Grâce au procédé selon l'invention, le pilote de l'aéronef 1 peut visualiser sur la représentation 20 la projection de la ligne d'horizon autour de l'aéronef 1 afin de faciliter sa vision de la zone survolée et de la potentielle aire d'atterrissage ainsi que des obstacles, en particulier les obstacles en hauteur situés au-dessus du cercle d'horizon 25. Le pilote de l'aéronef 1 peut aussi, grâce à la position du cercle d'horizon 25 et à ses éventuellement mouvements sur la représentation 20 avoir une vision des changements d'attitude de l'aéronef 1.

[0112] Pour une représentation 20 couvrant un champ angulaire de 220° dans un plan vertical et réalisée avec une projection équidistante, le cercle d'horizon 25 est par exemple affiché sur un dispositif de visualisation 15 ayant des dimensions de 150mm x 150mm avec un diamètre égal à 123mm.

[0113] Par ailleurs, le procédé peut comporter une étape d'affichage 190 pour afficher sur le dispositif de visualisation 15 un cercle de sécurité 26 autour du symbole 21. Le cercle de sécurité 26 est par exemple centré sur une intersection 263 des diagonales d'un rectangle 265 dans lequel le symbole 21 est inscrit. Le calculateur 13 transmet alors au dispositif de visualisation 15 un signal porteur d'informations, par exemple analogique ou nu-

mérique, électrique ou optique, relatives aux dimensions du cercle de sécurité 26 et à sa position autour du symbole 21.

[0114] Ce cercle de sécurité 26 permet au pilote de visualiser une bulle de sécurité autour de l'aéronef 1 dans laquelle aucun obstacle de la zone survolée ne doit être situé afin de réaliser par exemple un atterrissage en sécurité.

[0115] Le cercle de sécurité 26 peut être affiché sur la représentation 20 uniquement lorsque la hauteur de l'aéronef 1 est inférieure ou égale à un second seuil. Le pilote sait ainsi lorsque le cercle de sécurité 26 est affiché qu'il a atteint une hauteur inférieure ou égale au second seuil. Dans ce but, le calculateur 13 compare la hauteur au second seuil. Dès lors, si la hauteur est supérieure à ce second seuil, le calculateur 13 ne transmet au dispositif de visualisation 15 aucun signal relatif au cercle de sécurité 26 et si la hauteur est inférieure ou égale au second seuil, le calculateur 13 transmet au dispositif de visualisation 15 un signal porteur d'informations relatives au cercle de sécurité 26 et à sa position.

[0116] Le diamètre du cercle de sécurité 26 peut également être variable en fonction de cette hauteur. L'étape d'affichage 190 du cercle de sécurité 26 comporte alors une sous-étape de calcul 195 pour calculer à l'aide du calculateur 13 le diamètre du cercle de sécurité 26 en fonction de la hauteur de l'aéronef 1 et d'un diamètre d'un rotor de sustentation 3. Le calculateur 13 calcule alors les dimensions au cercle de sécurité 26 en fonction notamment de cette hauteur et du diamètre d'un rotor de sustentation 3, puis transmet au dispositif de visualisation 15 un signal porteur d'informations relatives à ces dimensions du cercle de sécurité 26 et à sa position.

[0117] Le procédé peut aussi comporter une étape d'affichage 200 pour afficher sur le dispositif de visualisation 15 des repères 27 des points cardinaux. Ces repères 27 sont par exemple des traits attachés au cercle d'horizon 25 indiquant respectivement les directions du Nord, du Sud, de l'Est et de l'Ouest comme indiqué sur les figures 4 à 6.

[0118] Les positions de ces repères sont par exemple déterminées à l'aide du premier dispositif de mesure 16 comportant par exemple au moins une centrale inertielle ou un dispositif AHRS. Le calculateur 13 reçoit du premier ou du second dispositif de mesure 16, 17 un signal porteur d'informations relatives aux directions des points cardinaux, puis transmet au dispositif de visualisation 15 un signal porteur d'informations relatives aux positions des repères 27 sur la représentation 20.

[0119] Les positions de ces repères peuvent aussi être déterminées selon un autre exemple à l'aide d'un autre dispositif de mesure, tel qu'un compas ou une boussole déterminant la direction du Nord magnétique. Le calculateur 13 reçoit un signal porteur d'une information relative à cette direction du Nord magnétique et y ajoute la déclinaison magnétique relative à la position de l'aéronef 1 afin de déterminer la direction du Nord géographique et d'en déduire les positions des autres des points car-

dinaux.

[0120] Les valeurs des déclinaisons magnétiques relatives aux différentes positions de l'aéronef 1 sont par exemple stockées dans une mémoire 12, 19. Le calculateur 13 peut ensuite transmettre au dispositif de visualisation 15 un signal porteur d'informations relatives aux positions des repères 27 sur la représentation 20. La déclinaison magnétique relative à la position de l'aéronef 1 peut aussi être déterminée à l'aide du second dispositif de mesure 17 comportant par exemple un récepteur d'un système de localisation par satellites qui détermine une position absolue de l'aéronef 1 à partir de laquelle la déclinaison magnétique peut être déduite.

[0121] Le procédé peut également comporter une étape d'affichage 210 pour afficher sur le dispositif de visualisation 15 un indicateur de cap 28 de l'aéronef 1. L'indicateur de cap 28 est par exemple un trait attaché au cercle d'horizon 25, vers l'avant de l'aéronef 1 et aligné sur la direction de l'axe de roulis de l'aéronef 1. Des indicateurs complémentaires 29 peuvent également être attachés au cercle d'horizon 25 respectivement sur les côtés et l'arrière de l'aéronef 1, tels que représentés sur les figures 4 à 6, afin d'indiquer au pilote les directions vers la droite, la gauche et l'arrière de l'aéronef 1. Le calculateur 13 transmet au dispositif de visualisation 15 un signal porteur d'informations relatives à l'indicateur de cap 28 et aux indicateurs complémentaires 29.

[0122] Le procédé peut encore comporter une étape d'affichage 220 pour afficher sur le dispositif de visualisation 15 un indicateur de vent 24 subi par l'aéronef 1. Cette étape d'affichage 210 utilise des informations fournies par l'anémomètre 18 ou la girouette pour afficher sur le dispositif de visualisation 15 d'un indicateur de vent 24 indiquant la direction du vent subi par l'aéronef 1 comme représenté sur la figure 5 et/ou une valeur de la vitesse du vent. Le calculateur 13 reçoit de l'anémomètre 18 ou de la girouette un signal porteur d'informations relatives à la direction et/ou à la vitesse du vent, puis transmet au dispositif de visualisation 15 un signal porteur d'informations relatives à l'indicateur de vent 24.

Revendications

1. Procédé d'aide au pilotage d'un aéronef (1) en vol, ledit aéronef (1) comportant :
 - une structure (2),
 - un dispositif de capture d'images (11),
 - un premier dispositif de mesure (16) pour déterminer une attitude dudit aéronef (1),
 - un second dispositif de mesure (17) pour déterminer une hauteur dudit aéronef (1) par rapport à une zone survolée par ledit aéronef (1),
 - un dispositif de visualisation (15), et
 - un calculateur (13),

ledit procédé comportant les étapes suivantes :

- détermination (110) d'une attitude dudit aéronef (1) avec ledit premier dispositif de mesure (16),
- détermination (120) d'une hauteur dudit aéronef (1) par rapport à ladite zone survolée avec ledit second dispositif de mesure (17),
- capture (130) d'au moins une image de ladite zone survolée avec ledit dispositif de capture d'images (11),
- affichage (140) sur le dispositif de visualisation (15) d'une représentation (20) de ladite zone survolée, ladite représentation (20) comprenant ladite au moins une image,
- calcul (150) par dudit calculateur (13) d'une première position (33) sur ladite représentation (20) d'une projection verticale sur ladite zone survolée d'un premier point de référence (31) dudit aéronef (1) en fonction de ladite attitude et de ladite hauteur,
- affichage (170) sur ledit dispositif de visualisation (15) d'un symbole (21) représentant ledit aéronef (1), un point d'origine dudit symbole (21) étant positionné sur ladite première position (33),

caractérisé en ce que ledit procédé comporte en outre les étapes suivantes:

- calcul (160) par dudit calculateur (13) d'une seconde position (113) sur ladite représentation (20) d'une projection verticale sur ladite zone survolée d'un second point de référence (111) dudit dispositif de capture d'images (11) en fonction de ladite attitude,
 - affichage (180) sur ledit dispositif de visualisation (15) d'un cercle d'horizon (25) représentant une ligne d'horizon, ledit cercle d'horizon (25) étant centré sur ladite seconde position (113), ledit diamètre dudit cercle d'horizon (25) étant constant.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit symbole (21) est représenté sur ledit dispositif de visualisation (15) avec des formes différentes lorsque ladite hauteur est supérieure à un premier seuil et lorsque ladite hauteur est inférieure ou égale audit premier seuil.
 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** ledit symbole (21) est représenté sur ledit dispositif de visualisation (15) avec des dimensions variables en fonction de ladite hauteur.
 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** ledit symbole (21) est repré-

senté sur ledit dispositif de visualisation (15) avec des dimensions constantes lorsque ladite hauteur est supérieure à un premier seuil et ledit symbole (21) est représenté sur ledit dispositif de visualisation (15) avec des dimensions variables en fonction de ladite hauteur lorsque ladite hauteur est inférieure ou égale audit premier seuil.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 4, **caractérisé en ce que** ledit procédé comporte une étape supplémentaire de calcul (165) par ledit calculateur desdites dimensions dudit symbole (21) au moins en fonction de ladite hauteur.
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** ledit aéronef (1) comportant au moins un rotor de sustentation (3), ledit symbole (21) comporte une forme (212) représentant ladite structure (2) et au moins un cercle rotor (213) correspondant audit au moins un rotor de sustentation (3) et lesdites dimensions dudit symbole (21) comporte des caractéristiques dimensionnelles de ladite forme (212) et dudit au moins un cercle rotor (213), et lors de ladite étape supplémentaire de calcul (165), ledit calculateur (13) calcule lesdites caractéristiques dimensionnelles de ladite forme (212) et dudit au moins un cercle rotor (213) en fonction respectivement d'un diamètre dudit au moins un rotor de sustentation (3) et des caractéristiques dimensionnelles de ladite structure (4) ainsi que de ladite hauteur.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** ledit aéronef (1) comportant au moins un rotor de sustentation (3), ledit premier point de référence (31) est un centre de rotation d'un rotor de sustentation (3) parmi ledit au moins un rotor de sustentation (3).
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** ledit procédé comporte une étape d'affichage (190) sur ledit dispositif de visualisation (15) d'un cercle de sécurité (26) autour dudit symbole (21) lorsque ladite hauteur est inférieure ou égale à un second seuil, un diamètre dudit cercle de sécurité (26) étant variable en fonction de ladite hauteur.
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** ledit cercle de sécurité (26) est centré sur une intersection des diagonales d'un rectangle (265) dans lequel ledit symbole (21) est inscrit.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications

8 à 9,

caractérisé en ce que ladite étape d'affichage (190) dudit cercle de sécurité (26) comporte une sous-étape de calcul (195) dudit diamètre dudit cercle de sécurité (26) en fonction de ladite hauteur et d'un diamètre d'un rotor de sustentation (3) dudit aéronef (1).

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10,

caractérisé en ce que ledit procédé comporte une étape d'affichage (200) sur ledit dispositif de visualisation (15) de repères (27) des points cardinaux et une étape d'affichage (210) sur ledit dispositif de visualisation (15) d'un indicateur de cap (28) dudit aéronef (1).

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11,

caractérisé en ce que ledit procédé comporte une étape d'affichage (220) sur ledit dispositif de visualisation (15) d'un indicateur de vent (24) subi par ledit aéronef (1).

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

caractérisé en ce que ladite représentation (20) de ladite zone survolée couvre un champ angulaire de 360° dans un plan horizontal et d'au moins 180° dans un plan vertical lorsque ladite attitude dudit aéronef (1) est nulle, ledit plan vertical étant parallèle à une direction de la gravité terrestre et ledit plan horizontal étant perpendiculaire à ladite direction de la gravité terrestre.

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

caractérisé en ce que ledit dispositif de capture d'images (11) comporte une seule caméra ou un seul appareil photographique muni d'un objectif couvrant un champ angulaire de 360° dans un plan perpendiculaire à un axe optique (117) de ladite caméra ou dudit appareil photographique et d'au moins 180° dans un plan vertical parallèle audit axe optique (117), ledit second point de référence (111) étant le centre dudit objectif, ledit axe optique (117) étant parallèle à une direction de la gravité terrestre lorsque ledit aéronef (1) a une attitude nulle.

15. Système (10) d'aide au pilotage d'un aéronef (1) en vol, ledit aéronef (1) comportant une structure (2), ledit système (10) comportant :

- un dispositif de capture d'images (11),
- un premier dispositif de mesure (16) d'une attitude dudit aéronef (1),
- un second dispositif de mesure (17) d'une hauteur dudit aéronef (1) par rapport à une zone survolée,

- un dispositif de visualisation (15), et
- un calculateur (13),

caractérisé en ce que ledit système (10) est configuré pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14.

16. Système (10) selon la revendication 15,

caractérisé en ce que ledit dispositif de capture d'images (11) comporte une seule caméra ou un seul appareil photographique muni d'un objectif couvrant un champ angulaire de 360° dans un plan perpendiculaire à un axe optique (117) de ladite caméra ou dudit appareil photographique et d'au moins 180° dans un plan vertical parallèle audit axe optique (117), ledit second point de référence (111) dudit dispositif de capture d'images (11) étant le centre dudit objectif.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Unterstützung der Steuerung eines Luftfahrzeugs (1) während des Fluges, wobei das Luftfahrzeug (1) umfasst:

- eine Struktur (2),
- eine Bilderfassungsvorrichtung (11),
- eine erste Messvorrichtung (16) zur Bestimmung einer Fluglage des Luftfahrzeugs (1),
- eine zweite Messvorrichtung (17) zur Bestimmung einer Höhe des Luftfahrzeugs (1) in Bezug auf ein Gebiet, das von dem Luftfahrzeug (1) überflogen wird,
- eine Anzeigevorrichtung (15), und
- einen Rechner (13),

wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Bestimmen (110) einer Fluglage des Luftfahrzeugs (1) mit der ersten Messvorrichtung (16),
- Bestimmen (120) einer Höhe des Luftfahrzeugs (1) in Bezug auf das überflogene Gebiet mit der zweiten Messvorrichtung (17),
- Erfassen (130) mindestens eines Bildes des überflogenen Gebiets mit der Bilderfassungsvorrichtung (11),
- Anzeigen (140) einer Darstellung (20) des überflogenen Gebiets auf der Anzeigevorrichtung (15), wobei die Darstellung (20) das mindestens eine Bild umfasst,
- Berechnen (150), durch den Rechner (13), einer ersten Position (33) einer vertikalen Projektion eines ersten Referenzpunkts (31) des Luftfahrzeugs (1) auf das überflogene Gebiet in der Darstellung (20) in Abhängigkeit von der Fluglage und der Höhe,
- Anzeigen (170) eines Symbols (21), das das

Luftfahrzeug (1) darstellt, auf der Anzeigevorrichtung (15), wobei ein Ursprungspunkt des Symbols (21) an der ersten Position (33) positioniert ist,

dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren ferner die folgenden Schritte umfasst:

- Berechnen (160), durch den Rechner (13), einer zweiten Position (113) einer vertikalen Projektion eines zweiten Referenzpunktes (111) der Bilderfassungsvorrichtung (11) auf das überflogene Gebiet in der Darstellung (20) in Abhängigkeit von der Fluglage,
 - Anzeigen (180) eines Horizontkreises (25) auf der Anzeigevorrichtung (15), der eine Horizontlinie darstellt, wobei der Horizontkreis (25) auf die zweite Position (113) zentriert ist und der Durchmesser des Horizontkreises (25) konstant ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Symbol (21) auf der Anzeigevorrichtung (15) mit unterschiedlichen Formen dargestellt wird, wenn die Höhe größer als ein erster Schwellenwert ist und wenn die Höhe kleiner oder gleich dem ersten Schwellenwert ist.
 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Symbol (21) auf der Anzeigevorrichtung (15) je nach der Höhe mit unterschiedlichen Abmessungen dargestellt wird.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Symbol (21) auf der Anzeigevorrichtung (15) mit konstanten Abmessungen dargestellt wird, wenn die Höhe größer als ein erster Schwellenwert ist, und das Symbol (21) auf der Anzeigevorrichtung (15) mit in Abhängigkeit von der Höhe variablen Abmessungen dargestellt wird, wenn die Höhe kleiner oder gleich dem ersten Schwellenwert ist.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren einen zusätzlichen Schritt des Berechnens (165) der Abmessungen des Symbols (21) durch den Rechner zumindest in Abhängigkeit von der Höhe umfasst.
 6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Luftfahrzeug (1) mindestens einen Auftriebsrotor (3) umfasst, das Symbol (21) eine Form (212), die die Struktur (2) darstellt, und mindestens einen Rotorkreis (213) umfasst, der dem mindestens einen Auftriebsrotor (3) entspricht, dass die Abmessungen des Symbols (21) Abmessungsmerkmale der Form (212) und des min-

destens einen Rotorkreises (213) umfassen, und dass in dem zusätzlichen Berechnungsschritt (165) der Rechner (13) die Abmessungsmerkmale der Form (212) und des mindestens einen Rotorkreises (213) jeweils als Funktion eines Durchmessers des mindestens einen Auftriebsrotors (3) und der Abmessungsmerkmale der Struktur (4) sowie der Höhe berechnet.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Luftfahrzeug (1) mindestens einen Auftriebsrotor (3) aufweist, wobei der erste Referenzpunkt (31) ein Drehmittelpunkt eines Auftriebsrotors (3) der mindestens eins Auftriebsrotoren (3) ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren einen Schritt des Anzeigens (190) eines Sicherheitskreises (26) um das Symbol (21) auf der Anzeigevorrichtung (15) umfasst, wenn die Höhe kleiner oder gleich einem zweiten Schwellenwert ist, wobei ein Durchmesser des Sicherheitskreises (26) in Abhängigkeit von der Höhe variabel ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sicherheitskreis (26) auf einem Schnittpunkt der Diagonalen eines Rechtecks (265) zentriert ist, in das das Symbol (21) einbeschrieben ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt des Anzeigens (190) des Sicherheitskreises (26) einen Unterschritt des Berechnens (195) des Durchmessers des Sicherheitskreises (26) in Abhängigkeit von der Höhe und einem Durchmesser eines Auftriebsrotors (3) des Luftfahrzeugs (1) umfasst.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren einen Schritt des Anzeigens (200) von Markierungen (27) der Himmelsrichtungen auf der Anzeigevorrichtung (15) und einen Schritt des Anzeigens (210) eines Kursanzeigers (28) des Luftfahrzeugs (1) auf der Anzeigevorrichtung (15) umfasst.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren einen Schritt des Anzeigens (220) eines Indikators für einen Wind (24), dem das Luftfahrzeug (1) ausgesetzt ist, auf der Anzeigevorrichtung (15) umfasst.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Darstellung (20) des überflogenen Gebiets einen Winkelbereich von 360° in einer horizontalen Ebene und von mindestens 180° in einer vertikalen Ebene abdeckt,

wenn die Fluglage des Luftfahrzeugs (1) Null ist, wobei die vertikale Ebene parallel zu einer Richtung der Erdanziehungskraft und die horizontale Ebene senkrecht zu der Richtung der Erdanziehungskraft ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bilderfassungsvorrichtung (11) eine einzelne Kamera oder ein einzelnes fotografisches Gerät mit einem Objektiv umfasst, das ein Winkelfeld von 360° in einer zu einer optischen Achse (117) der Kamera oder des fotografischen Geräts senkrechten Ebene und von mindestens 180° in einer zur optischen Achse (117) parallelen vertikalen Ebene abdeckt, wobei der zweite Referenzpunkt (111) das Zentrum des Objektivs ist, wobei die optische Achse (117) parallel zu einer Richtung der Erdanziehungskraft ist, wenn das Luftfahrzeug (1) eine Fluglage von Null hat.

15. System (10) zur Unterstützung der Steuerung eines Luftfahrzeugs (1) im Flug, wobei das Luftfahrzeug (1) eine Struktur (2) umfasst, wobei das System (10) umfasst:

- eine Bilderfassungsvorrichtung (11),
- eine erste Vorrichtung (16) zur Messung der Fluglage des Luftfahrzeugs (1),
- eine zweite Vorrichtung (17) zur Messung einer Höhe des Luftfahrzeugs (1) im Verhältnis zu einem überflogenen Gebiet,
- eine Anzeigevorrichtung (15), und
- einen Rechner (13),

dadurch gekennzeichnet, dass das System (10) für die Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 konfiguriert ist.

16. System (10) nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bilderfassungsvorrichtung (11) eine einzelne Kamera oder ein einzelnes fotografisches Gerät mit einem Objektiv umfasst, das ein Winkelfeld von 360° in einer Ebene senkrecht zu einer optischen Achse (117) der Kamera oder des fotografischen Geräts und von mindestens 180° in einer vertikalen Ebene parallel zu der optischen Achse (117) abdeckt, wobei der zweite Referenzpunkt (111) der Bilderfassungsvorrichtung (11) die Mitte des Objektivs ist.

Claims

1. Method to assist with piloting an aircraft (1) in flight, said aircraft (1) comprising:

- a structure (2),
- an image capture device (11),
- a first measuring device (16) for determining

an attitude of said aircraft (1),
 - a second measuring device (17) for determining a height of said aircraft (1) with respect to an area overflowed by said aircraft (1),
 - a display device (15), and
 - a computer (13),
 said method comprising the following steps:

- determining (110) an attitude of said aircraft (1) with said first measuring device (16),
- determining (120) a height of said aircraft (1) with respect to said overflowed area with said second measuring device (17),
- capturing (130) at least one image of said overflowed area with said image capture device (11),
- displaying (140) on the display device (15) a representation (20) of said overflowed area, said representation (20) comprising said at least one image,
- calculating (150), by means of said computer (13), a first position (33) on said representation (20) of a vertical projection on said overflowed area of a first reference point (31) of said aircraft (1) as a function of said attitude and said height,

displaying (170) on said display device (15) a symbol (21) representing said aircraft (1), a point of origin of said symbol (21) being positioned at said first position (33),

characterised in that said method further comprises the following steps:

- calculating (160), by means of said computer (13), a second position (113) on said representation (20) of a vertical projection on said overflowed area of a second reference point (111) of said image capture device (11) as a function of said attitude,
- displaying (180) on said display device (15) a horizon circle (25) representing a horizon line, said horizon circle (25) being centred on said second position (113), said diameter of said horizon circle (25) being constant.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** said symbol (21) is represented on said display device (15) with different shapes when said height is greater than a first threshold and when said height is less than or equal to said first threshold.

3. Method according to any one of claims 1 to 2, **characterised in that** said symbol (21) is represented on said display device (15) with dimensions that

vary as a function of said height.

4. Method according to any one of claims 1 to 2,
characterised in that said symbol (21) is represented on said display device (15) with constant dimensions when said height is greater than a first threshold and said symbol (21) is represented on said display device (15) with dimensions that vary as a function of said height when said height is less than or equal to said first threshold. 5
5. Method according to any one of claims 3 to 4,
characterised in that said method comprises an additional step of calculating (165), by means of said computer, said dimensions of said symbol (21) at least as a function of said height. 10
6. Method according to claim 5,
characterised in that said aircraft (1) comprising at least one lift rotor (3), said symbol (21) comprises a shape (212) representing said structure (2) and at least one rotor circle (213) corresponding to said at least one lift rotor (3) and said dimensions of said symbol (21) comprises dimensional characteristics of said shape (212) and of said at least one rotor circle (213), and during said additional step of calculating (165), said computer (13) calculates said dimensional characteristics of said shape (212) and of said at least one rotor circle (213) as a function respectively of a diameter of said at least one lift rotor (3) and of the dimensional characteristics of said structure (4) as well as of said height. 20 25 30
7. Method according to any one of claims 1 to 6,
characterised in that said aircraft (1) comprising at least one lift rotor (3), said first reference point (31) is a centre of rotation of a lift rotor (3) among said at least one lift rotor (3). 35
8. Method according to any one of claims 1 to 7,
characterised in that said method comprises a step of displaying (190) on said display device (15) a safety circle (26) around said symbol (21) when said height is less than or equal to a second threshold, a diameter of said safety circle (26) being variable as a function of said height. 40 45
9. Method according to claim 8,
characterised in that said safety circle (26) is centred on an intersection of the diagonals of a rectangle (265) in which said symbol (21) is depicted. 50
10. Method according to any one of claims 8 to 9,
characterised in that said step of displaying (190) said safety circle (26) comprises a substep of calculating (195) said diameter of said safety circle (26) as a function of said height and of a diameter of a lift rotor (3) of said aircraft (1). 55

11. Method according to any one of claims 1 to 10,
characterised in that said method comprises a step of displaying (200) on said display device (15) markings (27) of the cardinal points and a step of displaying (210) on said display device (15) a heading indicator (28) indicating the heading of said aircraft (1).
12. Method according to any one of claims 1 to 11,
characterised in that said method comprises a step of displaying (220) on said display device (15) a wind indicator (24) indicating the wind encountered by said aircraft (1).
13. Method according to any one of claims 1 to 12,
characterised in that said representation (20) of the said overflowed area covers an angular field of 360° in a horizontal plane and of at least 180° in a vertical plane when said attitude of said aircraft (1) is zero, said vertical plane being parallel to a direction of Earth's gravity and said horizontal plane being perpendicular to said direction of Earth's gravity.
14. Method according to any one of claims 1 to 13,
characterised in that said image capture device (11) comprises a single camera or a single photographic device equipped with a lens covering an angular field of 360° in a plane perpendicular to an optical axis (117) of said camera or said photographic device and of at least 180° in a vertical plane parallel to said optical axis (117), said second reference point (111) being the centre of said lens, said optical axis (117) being parallel to a direction of Earth's gravity when said aircraft (1) has a zero attitude.
15. System (10) to assist with piloting an aircraft (1) in flight, said aircraft (1) comprising a structure (2), said system (10) comprising:
 - an image capture device (11),
 - a first measuring device (16) for measuring an attitude of said aircraft (1),
 - a second measuring device (17) for measuring a height of said aircraft (1) with respect to an overflowed area,
 - a display device (15), and
 - a computer (13),

characterised in that said system (10) is configured to implement the method according to any one of claims 1 to 14.

16. System (10) according to claim 15,
characterised in that said image capture device (11) comprises a single camera or a single photographic device equipped with a lens covering an angular field of 360° in a plane perpendicular to an optical axis (117) of said camera or said photographic device and of at least 180° in a vertical plane parallel

to said optical axis (117), said second reference point (111) of said image capture device (11) being the centre of said lens.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

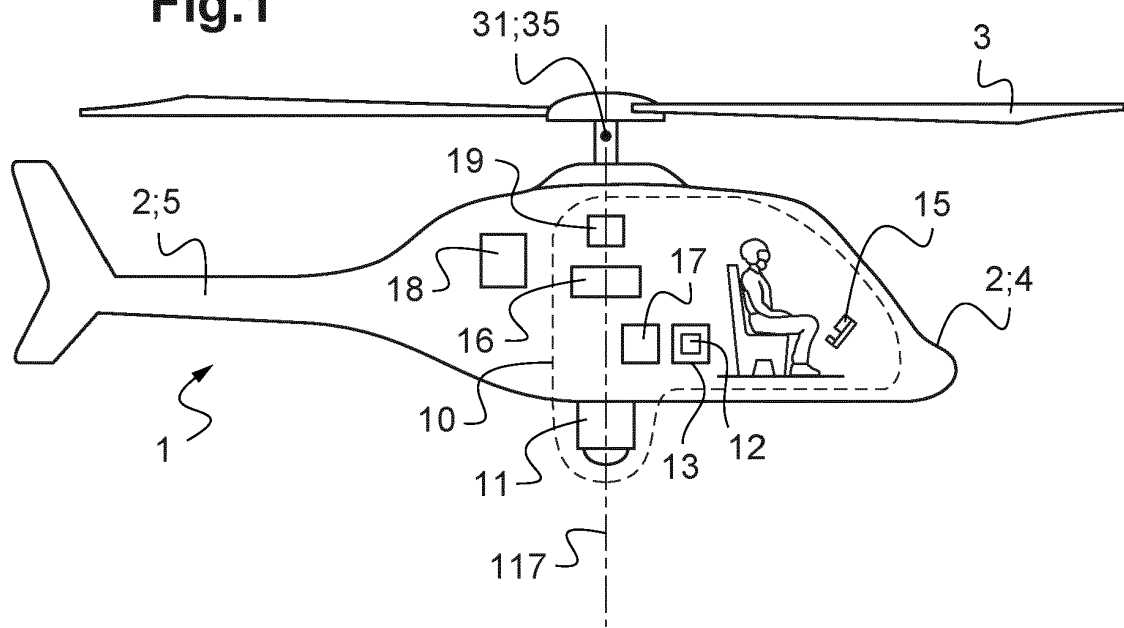
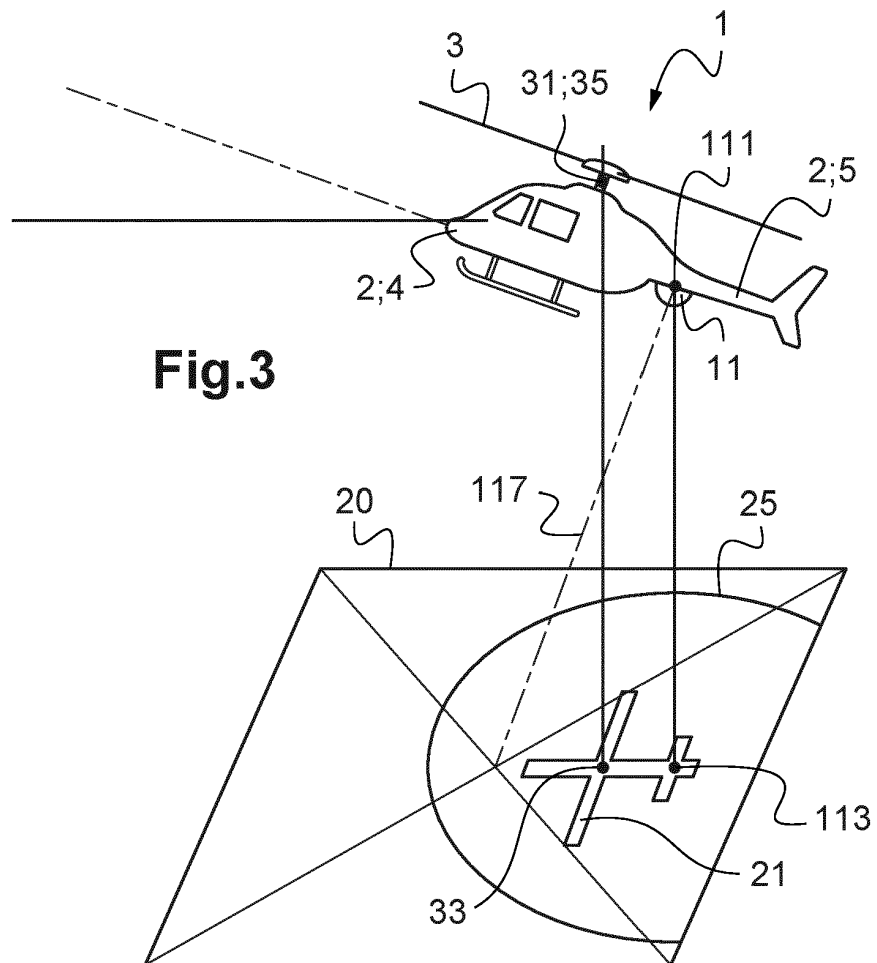


Fig.3



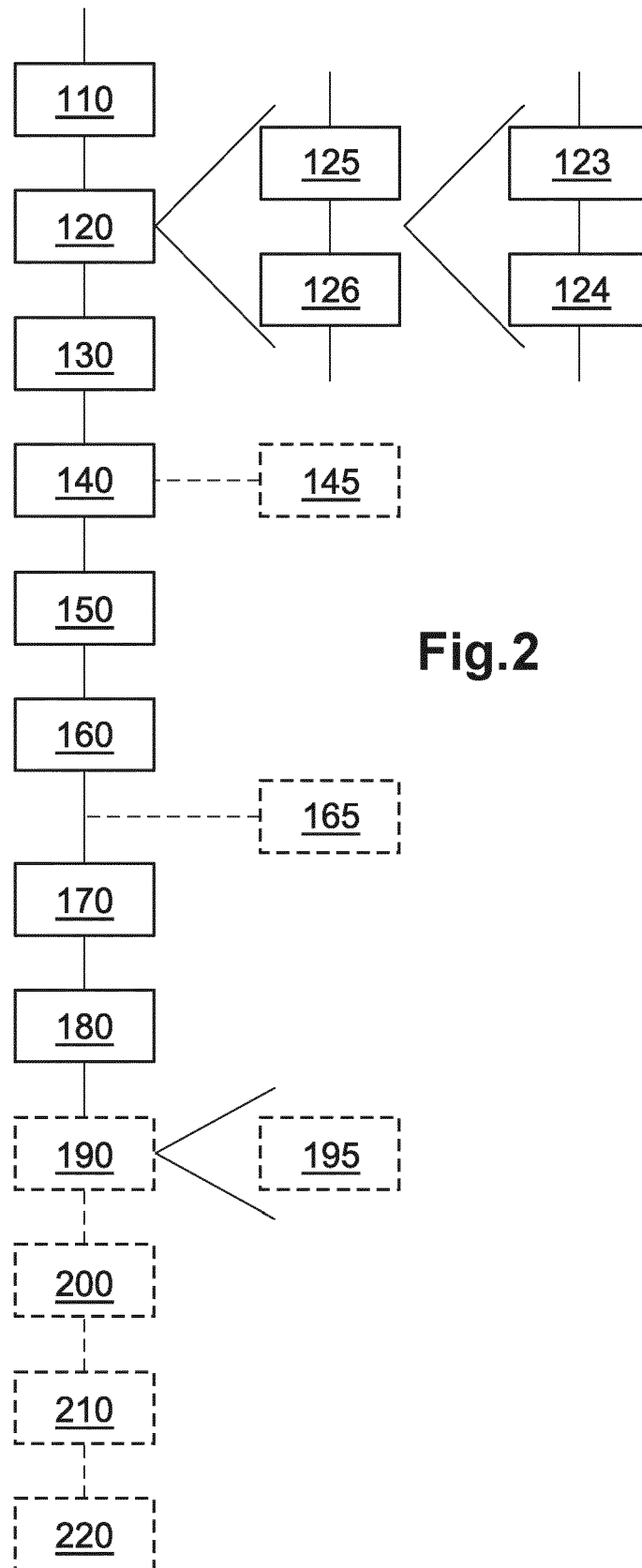


Fig.2

Fig.4

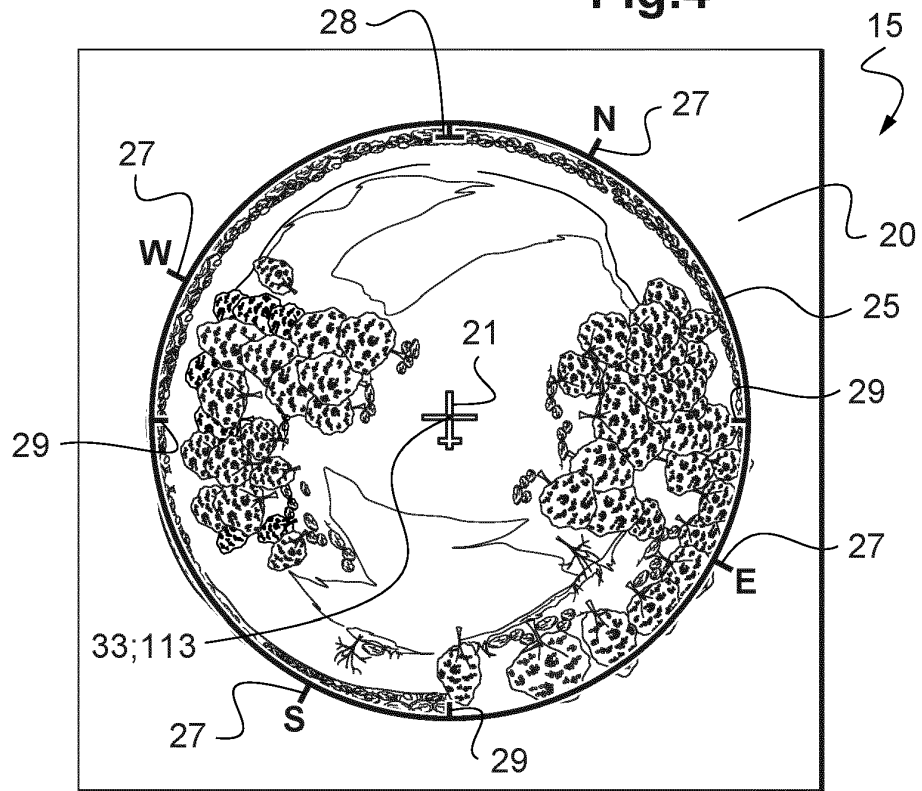


Fig.5

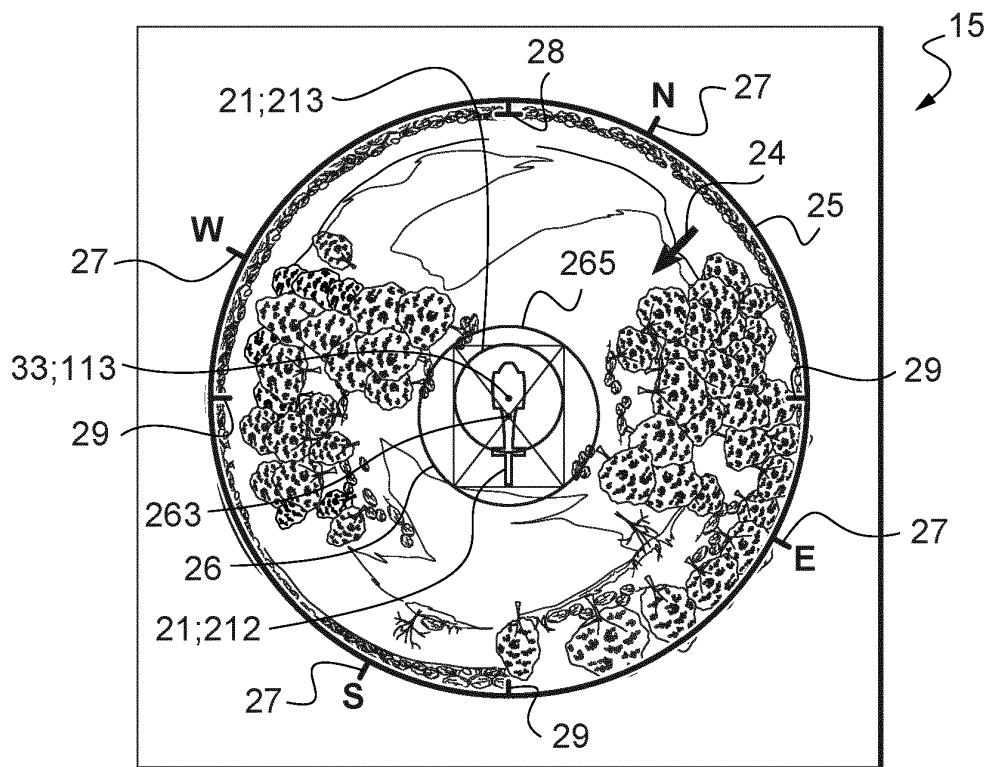
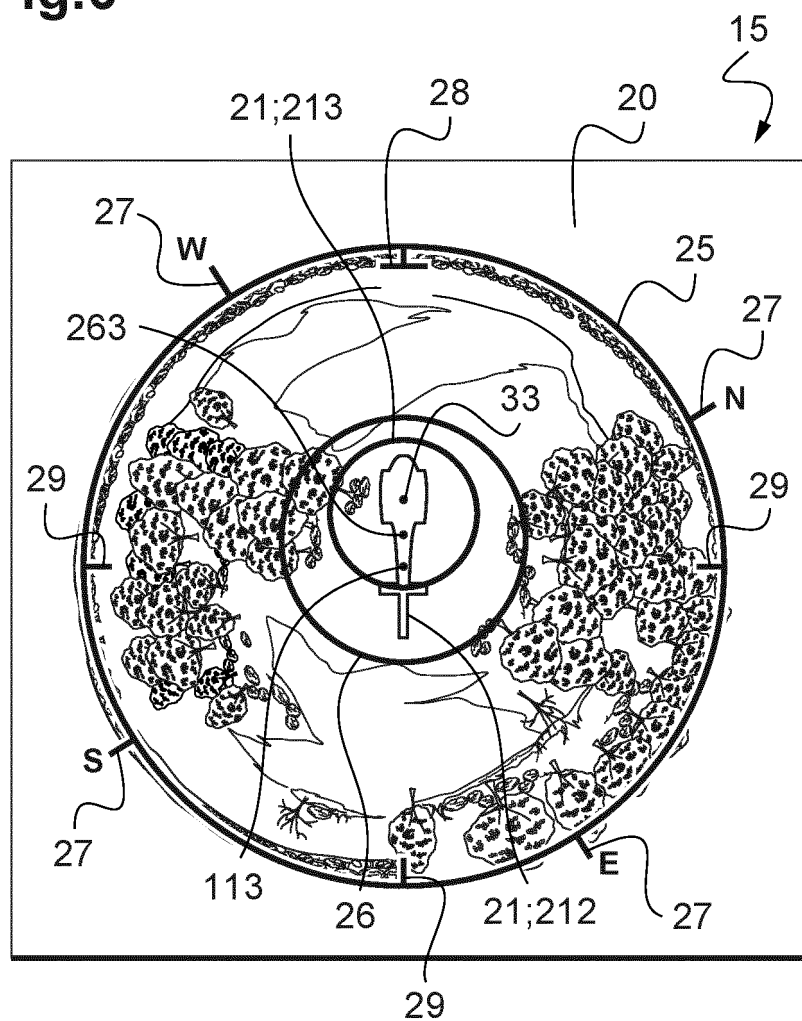


Fig.6



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 2708853 A [0007]
- US 20120154178 A [0008]