



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2019/06/21

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2020/01/16

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2021/04/20

(30) Priorité/Priority: 2018/07/16 (FR1800751)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B64D 45/08* (2006.01)

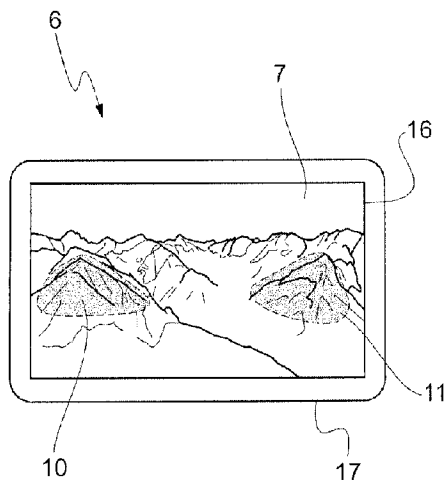
(72) Inventeurs/Inventors:
NIKOLAJEVIC, KONSTANCA, FR;
BAUDRY, JEAN-PIERRE, FR;
BELANGER, NICOLAS, FR

(73) Propriétaire/Owner:
AIRBUS HELICOPTERS, FR

(74) Agent: FASKEN MARTINEAU DUMOULIN LLP

(54) Titre : SYSTEME D'AIDE AU PILOTAGE D'UN AERONEF, AERONEF ASSOCIE ET PROCEDE D'AIDE AU PILOTAGE DE CET AERONEF

(54) Title: PILOTING ASSISTANCE SYSTEM FOR AN AIRCRAFT, ASSOCIATED AIRCRAFT AND PROCESS TO ASSIST WITH PILOTING OF THIS AIRCRAFT



(57) **Abrégé/Abstract:**

La présente invention concerne un système d'aide au pilotage (1) d'un aéronef, le système (1) comportant : · un calculateur de vol (3) pour générer, à tout instant t, au moins une première enveloppe en trois dimensions de trajectoires aptes à être mises en oeuvre par ledit aéronef sur une durée de vol prédéterminée, la première enveloppe en trois dimensions correspondant à un premier volume de forme quelconque orienté sensiblement suivant un axe confondu avec une direction d'avancement de l'aéronef, · un organe d'initialisation (4) permettant à un pilote de l'aéronef d'initialiser le calculateur de vol (3) avec des données d'initialisation, · des moyens d'acquisition (5) d'un environnement extérieur immédiat à l'aéronef, et · un support d'affichage électronique (6) connecté audit calculateur de vol (3), ledit support d'affichage électronique (6) permettant d'afficher au moins audit pilote des informations d'aide au pilotage dudit aéronef (2) générées par ledit calculateur de vol (3).

ABRÉGÉ DESCRIPTIF

La présente invention concerne un système d'aide au pilotage (1) d'un aéronef, le système (1) comportant :

- un calculateur de vol (3) pour générer, à tout instant t , au moins une première enveloppe en trois dimensions de trajectoires aptes à être mises en œuvre par ledit aéronef sur une durée de vol prédéterminée, la première enveloppe en trois dimensions correspondant à un premier volume de forme quelconque orienté sensiblement suivant un axe confondu avec une direction d'avancement de l'aéronef,
- un organe d'initialisation (4) permettant à un pilote de l'aéronef d'initialiser le calculateur de vol (3) avec des données d'initialisation,
- des moyens d'acquisition (5) d'un environnement extérieur immédiat à l'aéronef, et
- un support d'affichage électronique (6) connecté audit calculateur de vol (3), ledit support d'affichage électronique (6) permettant d'afficher au moins audit pilote des informations d'aide au pilotage dudit aéronef (2) générées par ledit calculateur de vol (3).

Système d'aide au pilotage d'un aéronef, aéronef associé et procédé
d'aide au pilotage de cet aéronef

La présente invention se rapporte au domaine de l'aéronautique et concerne plus particulièrement les systèmes d'aide au pilotage d'un aéronef visant à réduire la charge de travail et/ou d'assimilation des informations de vol perçues par un pilote lors du pilotage d'un tel aéronef.

En outre, un tel système d'aide au pilotage et le procédé associé sont destinés à être mis en œuvre notamment lors de phases de vol à basse altitude de l'aéronef de manière à éviter les risques de collisions avec des obstacles fixes de l'environnement extérieur à l'aéronef ou encore lors de phases de vol à une altitude quelconque de manière à éviter les risques de collisions avec des obstacles mobiles présents dans l'environnement extérieur à l'aéronef.

Par ailleurs, de tels aéronefs peuvent être formés par un avion, un giravion ou encore par tout type d'aéronef autonome tels que des drones et ne pas embarquer de pilote ou d'équipage à leur bord. De tels aéronefs sont généralement désignés par l'acronyme anglais UAV désignant en langue anglaise l'expression « Unmanned Aerial Vehicle ». De tels aéronefs peuvent aussi être pilotés optionnellement par un pilote agencé à bord de celui-ci. De tels aéronefs sont généralement désignés par l'acronyme anglais OPV désignant en langue anglaise l'expression "Optionally Piloted Vehicle". De tels aéronefs correspondent ainsi en une combinaison entre les caractéristiques d'un aéronef conventionnel permettant le transport d'au moins un pilote et les aéronefs sans pilote embarqué de type UAV.

Par la suite, à des fins de simplification et de compréhension de la demande, le terme d'aéronef peut donc englober notamment les drones de type UAV ou de type OPV tel que précédemment décrits ou encore les avions et les giravions avec un équipage embarqué, ces
5 aéronefs étant ainsi adaptés par exemple pour effectuer un transport aérien de passagers et/ou de marchandises.

Par ailleurs et comme précédemment indiqué, le système d'aide au pilotage peut être agencé en tout ou partie à bord de l'aéronef et servir ainsi de moyen d'aide pour un pilote ou bien encore faire office
10 de fonction de "décision autonome".

De façon générale, les systèmes d'aide au pilotage d'aéronefs de ce type peuvent permettre d'afficher sur des écrans de contrôle des informations relatives à un risque de collision avec l'aéronef lié par exemple à la proximité du relief ou encore à la présence
15 d'obstacles fixes ou mobiles.

De tels écrans de contrôle peuvent alors être embarqués à bord de l'aéronef ou bien être utilisés au sol par un pilote pilotant à distance un drone de type UAV ou OPV.

De tels systèmes d'aide au pilotage pour effectuer des vols à
20 basse altitude ont notamment été décrits par le Demandeur dans les documents FR 2 712 251, FR 2 886 439 et FR 3 032 825. De tels documents divulguent notamment le calcul d'une courbe fictive associée à une trajectoire théorique optimale de franchissement d'un obstacle dans un plan vertical correspondant au champ vers l'avant
25 de l'aéronef.

Cependant, ces systèmes d'aide au pilotage ne sont pas adaptés pour permettre à un pilote d'apprécier différents niveaux de

dangerosité correspondant à toutes les trajectoires possibles aptes à être mises en œuvre par l'aéronef.

De plus, une telle courbe fictive n'est pas adaptée pour certains obstacles particuliers en dessous desquels un aéronef peut passer librement. Ces obstacles particuliers peuvent notamment être formés
5 par des lignes électriques, des ponts ou toute autre construction présentant une ouverture permettant le passage de l'aéronef en dessous de celle-ci.

En outre, il a notamment été décrit et présenté le 3 mars 2016
10 dans un mémoire de thèse intitulé « Système décisionnel dynamique et autonome pour le pilotage d'un hélicoptère dans une situation d'urgence » et dont l'auteur est Konstanca NIKOLAJEVIC, un procédé pour estimer le niveau de dangerosité d'une trajectoire d'aéronef. De plus à la page 64 de ce mémoire, il est notamment décrit qu'un
15 aéronef peut comporter une interface homme-machine pour suggérer à un pilote de l'aéronef des trajectoires d'évitement dans le cas d'un évènement indésirable.

Cependant, un tel document ne précise pas comment ces trajectoires d'évitement sont précisément suggérées au pilote de
20 l'aéronef par cette interface homme-machine. Un tel document ne fournit donc pas une solution efficace permettant à un pilote de réagir instantanément en cas de risque de collision avec un obstacle fixe ou mobile.

En outre, le document WO 2016/050564 décrit quant à lui un
25 procédé et un système permettant de calculer et de présenter des zones atteignables ou non atteignables par un aéronef. En outre, un tel système présente un calculateur de vol (210) apte à générer une enveloppe de trajectoires fonctions des performances de l'aéronef.

Un tel système comporte par ailleurs une mémoire (220) dans laquelle sont mémorisées des données telles que notamment le modèle d'aéronef, l'itinéraire de la mission, des paramètres de vol, des données utilisateurs et des zones d'exclusion de vol.

5 En outre, des capteurs (230) permettent une acquisition de l'environnement extérieur à l'aéronef et un écran (240) connecté au calculateur de vol (210) permet d'afficher des informations d'aide au pilotage formées par une ou plusieurs zones colorées représentatives de zones où l'aéronef peut voler ou ne pas voler. Il est également
10 précisé que cet écran peut être tactile, être formé par un écran bas (242) ou un écran haut (246) monté sur la tête d'un pilote et associé à un système de suivi de la tête (244).

 En revanche, avec ce système une première couleur peut alors être affichée sur l'écran pour indiquer les zones au dessus desquelles
15 l'aéronef peut voler et une deuxième couleur peut être affichée pour indiquer les zones au dessus desquelles l'aéronef ne peut pas voler.

 Un tel système d'aide au pilotage ne permet donc pas d'indiquer à un pilote d'aéronef une différence de niveaux de dangerosité entre deux régions de l'espace où l'aéronef peut voler.

20 Par conséquent, toutes les zones de l'espace que l'aéronef peut atteindre sont alors affectées d'un même et unique niveau de dangerosité.

 La présente invention a alors pour objet de proposer un système et un procédé d'aide au pilotage permettant de s'affranchir des
25 limitations mentionnées ci-dessus.

En outre, un tel système d'aide au pilotage permet à un pilote d'estimer le niveau de dangerosité de la trajectoire courante opérée par l'aéronef et de comparer visuellement, en quelques fractions de seconde, ce niveau de dangerosité avec ceux des autres trajectoires que l'aéronef pourrait effectuer, par exemple suivant des directions latérales nécessitant par exemple un ralentissement de l'aéronef ou un changement de cap.

L'invention se rapporte donc à un système d'aide au pilotage d'un aéronef, le système comportant :

- 10 • un calculateur de vol pour générer, à tout instant t, au moins une première enveloppe en trois dimensions de trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef sur une durée de vol prédéterminée, la première enveloppe en trois dimensions correspondant à un premier volume de
- 15 forme quelconque orienté sensiblement suivant un axe confondu avec une direction d'avancement de l'aéronef,
- un organe d'initialisation permettant à un pilote de l'aéronef d'initialiser le calculateur de vol avec des données d'initialisation,
- 20 • des moyens d'acquisition d'un environnement extérieur immédiat à l'aéronef, et
- au moins un support d'affichage électronique connecté au calculateur de vol, le (ou les) support(s) d'affichage électronique permettant d'afficher au moins au pilote des
- 25 informations d'aide au pilotage de l'aéronef générées par le calculateur de vol, les informations étant formées par au moins une zone colorée représentative d'au moins un niveau de dangerosité relatif aux trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef, les informations étant

affichées en superposition sur une représentation de l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef.

Selon l'invention, les informations d'aide au pilotage de l'aéronef comportent une première zone colorée représentative d'un premier niveau de dangerosité et une deuxième zone colorée représentative d'un deuxième niveau de dangerosité, la première zone colorée et la deuxième zone colorée étant de couleurs distinctes l'une de l'autre, le système d'aide au pilotage permettant au(x) pilote(s) d'orienter la trajectoire de l'aéronef soit vers la première zone colorée soit vers la deuxième zone colorée.

Autrement dit, un tel système d'aide au pilotage permet à un pilote de l'aéronef d'apprécier visuellement le niveau de dangerosité de chacune des directions dans lesquelles il peut faire évoluer l'aéronef à basse altitude. Le calculateur de vol permet donc d'affecter à chaque direction de l'espace en trois dimensions un niveau de dangerosité et d'associer une zone de couleur dédiée à ce niveau de dangerosité.

La ou les zones colorée(s) est (sont) donc des zones de forme quelconque mais présentant un contour fermé en deux ou trois dimensions délimitant sur le (ou les) support(s) d'affichage un ensemble de directions de l'espace agencé dans l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef. L'ensemble des directions ainsi repéré par ce contour fermé présente alors un niveau de dangerosité défini comme étant supérieur à au moins un seuil prédéterminé.

En outre, tel que décrit par le Demandeur dans le document FR 3 032 302, la première enveloppe en trois dimensions de trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef sur une durée de vol prédéterminée forme un volume de forme quelconque orienté

sensiblement suivant un axe confondu avec une direction d'avancement de l'aéronef. Un tel volume formant alors un ensemble de positions atteignables par l'aéronef pendant une durée de vol prédéterminée. Ces positions atteignables sont alors déterminées par le calculateur de vol préalablement paramétré avec des données d'initialisation relatives aux capacités de vol de l'aéronef incluant au moins une des capacités suivantes : vitesses et accélérations maximales dans les trois directions de l'espace, dérivées d'ordre supérieur de l'une au moins des vitesses ou accélérations maximales dans les trois directions de l'espace, rayons minimaux de rotation du mouvement en lacet, angles de montée ou de descente, masse maximale de la charge transportée et sollicitations maximales.

De plus, le pilote peut choisir intentionnellement d'orienter la trajectoire de l'aéronef qu'il pilote en direction d'une région de l'espace présentant le premier ou le deuxième niveau de dangerosité. Grâce à l'emploi d'au moins deux couleurs distinctes, le pilote peut en effet très rapidement identifier une couleur présentant un niveau de dangerosité supérieur à un autre niveau de dangerosité. Par exemple, la couleur verte peut être associée à un premier niveau de dangerosité tandis que la couleur rouge peut être associée à un deuxième niveau de dangerosité supérieur au premier niveau de dangerosité. En outre, de telles informations d'aide au pilotage de l'aéronef constituent donc une symbologie conforme vis-à-vis du paysage extérieur représenté ou réel.

Avantageusement, les informations d'aide au pilotage de l'aéronef peuvent être affichées en transparence sur la représentation de l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef.

En d'autres termes, la zone colorée est transparente et/ou translucide. Une telle zone colorée n'est donc pas opaque à la lumière et laisse apparaître en transparence l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef comportant un ensemble de directions repéré par le contour fermé.

Selon un exemple de réalisation avantageux de l'invention, le premier niveau de dangerosité et le deuxième niveau de dangerosité peuvent être respectivement définis par une comparaison entre au moins un paramètre de vol de l'aéronef avec une première valeur de seuil et une deuxième valeur de seuil distinctes l'une de l'autre, le (ou les) paramètre(s) de vol étant choisi(s) parmi le groupe comportant le nombre de trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef, la durée de vol T entre une trajectoire courante de l'aéronef et un obstacle, le nombre $dsol$ de trajectoires possibles dans la première enveloppe en trois dimensions de trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef, la manœuvrabilité de l'aéronef, le niveau de sollicitation dynamique de la trajectoire courante de l'aéronef, le type de trajectoire d'évitement privilégiée et la distance D entre la trajectoire courante de l'aéronef et l'obstacle.

Autrement dit, les différents niveaux de dangerosité sont définis par des plages de valeurs du (ou des) paramètre(s) de vol. Chaque niveau de dangerosité peut également correspondre à une plage de valeurs d'une combinaison de plusieurs paramètres de vol. Ces paramètres de vol sont alors avantageusement indépendants les uns des autres.

Par exemple, un premier niveau de dangerosité peut correspondre à une combinaison entre d'une part un nombre $dsol$ de trajectoires possibles inférieur à une première valeur de seuil $dsol1$ et

d'autre part une durée de vol T inférieure à une deuxième valeur de seuil T1. Le deuxième niveau de dangerosité peut quant à lui correspondre à une combinaison entre d'une part un durée de vol T inférieure à une troisième valeur de seuil T2 et d'autre part une
5 distance D inférieure à une quatrième valeur de seuil D1.

Avantageusement, le(s) support(s) d'affichage électronique peu(ven)t comporter un écran fixe solidaire d'une planche de bord de l'aéronef.

Un tel écran fixe peut également être désigné par l'expression
10 « support d'affichage tête basse » correspondant au regard du pilote orienté en direction de la planche de bord de l'aéronef.

Dans ce cas, les moyens d'acquisition de l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef comportent au moins une caméra permettant d'acquérir une pluralité d'images par seconde pour
15 générer un signal video apte à être affiché sur l'écran fixe. La (ou les) zone(s) colorée(s) représentative(s) du (ou des) niveau(x) de dangerosité est (sont) alors superposée(s) sur les images du signal video.

En pratique, le(s) support(s) d'affichage électronique peu(ven)t
20 comporter un écran transparent au travers duquel le pilote regarde l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef.

Un tel écran transparent peut par exemple être fixe et est généralement désigné par l'expression « support d'affichage tête haute » correspondant au regard du pilote orienté en direction de
25 l'environnement extérieur à l'aéronef. Un tel écran transparent peut dès lors être formé par un support d'affichage dédié ou également être formé par un organe transparent et préexistant de l'aéronef tel

que par exemple un pare-brise ou une vitre sur le(s)quel(s) les informations d'aide au pilotage de l'aéronef sont affichées ou projetées.

5 Un tel écran transparent peut également être de type portatif et par exemple consister en une visière de casque ou des lunettes portées par le pilote. L'écran portatif est alors mobile par rapport au cockpit de l'aéronef et est associé à un capteur permettant de mesurer des mouvements relatifs et/ou une orientation angulaire de la tête ou du regard du pilote.

10 Dans ce cas, la (ou les) zone(s) colorée(s) représentative(s) du (ou des) niveau(x) de dangerosité est (sont) alors directement superposée(s) en transparence sur la représentation de l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef vue par le pilote au travers de l'écran transparent.

15 Selon un autre exemple de réalisation avantageux de l'invention, le calculateur de vol peut générer une deuxième enveloppe en trois dimensions de trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef sur une durée de vol prédéterminée, la deuxième enveloppe en trois dimensions correspondant à un deuxième volume
20 de forme quelconque orienté sensiblement suivant un axe confondu selon une deuxième direction fonction d'un regard latéral du pilote par rapport à la direction d'avancement de l'aéronef, l'écran transparent comportant un capteur permettant de détecter un angle de regard du pilote par rapport à la direction d'avancement de
25 l'aéronef.

En d'autres termes, le calculateur de vol génère une deuxième enveloppe en trois dimensions qui est distincte de la première enveloppe en trois dimensions. De plus, cette deuxième enveloppe

peut être calculée uniquement si le pilote regarde dans la deuxième direction. Par ailleurs, les informations d'aide au pilotage de l'aéronef peuvent être affichées temporairement sur l'écran transparent tant que le pilote regarde dans la deuxième direction.

5 Avantageusement, les moyens d'acquisition de l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef peuvent comporter une mémoire pour stocker une base de données « terrain » contenant des données topographiques d'une zone de vol lors d'une mission de l'aéronef et/ou une base de données « obstacles » contenant des données
10 relatives à des obstacles émergents du relief de cette zone de vol.

 Autrement dit, le calculateur de vol peut notamment utiliser des données stockées dans la mémoire pour générer en tout ou partie la première enveloppe en trois dimensions et/ou la deuxième enveloppe en trois dimensions. En effet, des données issues d'un capteur de
15 position, de vitesse et/ou d'accélération de l'aéronef formant des données cinématiques de l'aéronef peuvent être combinées avec les données topographiques contenues dans la mémoire pour pouvoir générer les différentes enveloppes en trois dimensions de trajectoires de l'aéronef.

20 En pratique, les moyens d'acquisition de l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef peuvent comporter un capteur d'environnement choisi parmi le groupe comportant les radars, les lasers et les caméras par exemple.

 Un tel capteur d'environnement est en effet adapté pour
25 détecter des obstacles mobiles comme d'autres aéronefs ou des oiseaux et/ou des obstacles fixes non formés par le relief tels que par exemple des immeubles, des ponts et des lignes électriques. Comme précédemment, des données issues d'un capteur de position, de

vitesse et/ou d'accélération peuvent alors être combinées avec les données issues du capteur d'environnement pour pouvoir générer les différentes enveloppes en trois dimensions de trajectoires de l'aéronef.

5 Selon un exemple de réalisation avantageux de l'invention, le système d'aide au pilotage peut comporter un support de stockage pour mémoriser des données informatiques représentatives du (ou des) niveau(x) de dangerosité relatif(s) aux trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef.

10 Ainsi, un tel système d'aide au pilotage peut également être utile pour analyser a posteriori les différents niveaux de dangerosité des trajectoires effectuées par l'aéronef sur une mission donnée ou encore sur une phase plus longue d'utilisation de l'aéronef. Les données informatiques représentatives du (ou des) niveau(x) de
15 dangerosité relatif(s) aux trajectoires sont alors transmises à une unité d'analyse dans une station sol située chez un exploitant de l'aéronef et/ou chez le fabricant de l'aéronef. Suite à cette analyse des données informatiques représentatives du (ou des) niveau(x) de dangerosité des trajectoires effectuées par l'aéronef, un message
20 d'alerte peut être transmis à l'exploitant ou au pilote de l'aéronef et/ou la périodicité des opérations de maintenance de l'aéronef peut être modifiée en conséquence.

 Ainsi, si les trajectoires effectuées par l'aéronef présentent majoritairement un niveau de dangerosité faible, la périodicité des
25 opérations de maintenance de l'aéronef pourra alors être supérieure à celle d'un aéronef effectuant des trajectoires présentant majoritairement un niveau de dangerosité plus élevé.

L'invention se rapporte également à un aéronef. Selon l'invention, un tel aéronef est remarquable en ce qu'il comporte un système d'aide au pilotage tel que décrit précédemment.

5 Ainsi, un tel aéronef permet à un pilote d'apprécier visuellement, et ce très rapidement, le niveau de dangerosité de chacune des directions dans lesquelles il peut faire évoluer l'aéronef à basse altitude.

Comme déjà évoqué, la présente invention a aussi pour objet un procédé d'aide au pilotage d'un aéronef, le procédé comportant :

- 10 • des étapes de calcul pour générer, à tout instant t , au moins une première enveloppe en trois dimensions de trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef sur une durée de vol prédéterminée, la première enveloppe en trois dimensions correspondant à un premier volume de
- 15 forme quelconque orienté sensiblement suivant un axe confondu avec une direction d'avancement de l'aéronef,
- une étape d'initialisation permettant à un pilote de l'aéronef d'initialiser les étapes de calcul avec des données d'initialisation,
- 20 • des étapes d'acquisition permettant d'acquérir des données représentatives d'un environnement extérieur immédiat audit aéronef, et
- au moins une étape d'affichage permettant d'afficher au moins au pilote des informations d'aide au pilotage de
- 25 l'aéronef générées lors des étapes de calcul, les informations étant formées par au moins une zone colorée représentative d'au moins un niveau de dangerosité relatif aux trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef,

les informations étant affichées au moyen d'au moins un support d'affichage électronique en superposition sur une représentation de l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef.

5 Selon l'invention, un tel procédé d'aide au pilotage est remarquable en ce que les informations d'aide au pilotage de l'aéronef comportent une première zone colorée représentative d'un premier niveau de dangerosité et une deuxième zone colorée représentative d'un deuxième niveau de dangerosité, la première
10 zone colorée et la deuxième zone colorée étant de couleurs distinctes l'une de l'autre, le procédé d'aide au pilotage permettant au(x) pilote(s) d'orienter la trajectoire de l'aéronef soit vers la première zone colorée, soit vers la deuxième zone colorée.

 En d'autres termes, une telle étape d'affichage est
15 particulièrement avantageuse car elle permet à un pilote d'aéronef d'apprécier quasi instantanément un niveau de dangerosité associé aux différentes directions de l'espace en trois dimensions dans lequel il peut faire évoluer l'aéronef à basse altitude. Les étapes de calcul permettent alors d'affecter à chaque direction de l'espace en trois
20 dimensions un niveau de dangerosité et d'associer une zone de couleur dédiée à ce niveau de dangerosité.

 La ou les zones colorée(s) est (sont) donc des zones de forme quelconque mais présentant un contour fermé en deux ou trois dimensions délimitant sur le (ou les) support(s) d'affichage un
25 ensemble de directions de l'espace agencé dans l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef. L'ensemble des directions ainsi repéré par ce contour fermé présente alors un niveau de dangerosité défini comme étant supérieur à au moins un seuil prédéterminé.

Avantageusement, le procédé peut comporter au moins une étape d'enregistrement pour mémoriser sur un support de stockage des données informatiques représentatives du (ou des) niveau(x) de dangerosité relatif(s) aux trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef.

Autrement dit, la (ou les) étape(s) d'enregistrement sur le support de stockage permet(tent) d'effectuer une analyse à posteriori au sol du niveau de dangerosité des trajectoires effectuées par l'aéronef pendant une mission ou pendant plusieurs missions. Cette analyse est alors effectuée en opérant préalablement une étape de transmission des données contenues dans le support de stockage vers une unité d'analyse située par exemple au sol chez un fabricant de l'aéronef ou un exploitant de cet aéronef.

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 schéma de principe d'un système d'aide au pilotage conforme à l'invention,
- la figure 2, une vue de face d'un premier exemple de support d'affichage électronique conformément à l'invention,
- la figure 3, une vue de face d'un second exemple de support d'affichage électronique conformément à l'invention,
- la figure 4, une vue de dessus d'un aéronef conforme à l'invention, et,
- la figure 5, un logigramme illustrant les étapes d'un procédé d'aide au pilotage conforme à l'invention.

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

Comme déjà évoqué, l'invention se rapporte au domaine des systèmes d'aide au pilotage d'un aéronef. Elle est particulièrement adaptée pour permettre de faciliter la charge de travail d'un pilote lors de vols à basse altitude.

Tel que représenté à la figure 1, un tel système d'aide au pilotage 1 d'un aéronef comporte plusieurs organes distincts les uns des autres interagissant entre eux.

10 Ainsi, le système d'aide au pilotage 1 comporte un calculateur de vol 3 pour générer, à tout instant t , au moins une première enveloppe en trois dimensions de trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef sur une durée de vol prédéterminée.

15 En outre, une telle première enveloppe en trois dimensions 9 est illustrée à la figure 4 et correspond à un premier volume de forme quelconque orienté sensiblement suivant un axe confondu avec une direction d'avancement 14 de l'aéronef 2. Par exemple, lorsque l'aéronef 2 décrit une trajectoire non rectiligne, cette première enveloppe en trois dimensions 9 peut être formée par un cône déformé et orienté latéralement et/ou verticalement vers le haut ou le bas suivant une courbe.

25 Le calculateur de vol 3 peut comprendre par exemple un ordinateur, un processeur, un circuit intégré, un système programmable, un circuit logique, ces exemples ne limitant pas la portée donnée à l'expression « calculateur de vol ».

Au surplus, le système d'aide au pilotage 1 comporte également un organe d'initialisation 4 permettant à un pilote de l'aéronef d'initialiser le calculateur de vol 3 avec des données d'initialisation.

Un tel organe d'initialisation 4 peut notamment comprendre une
5 tablette à commande tactile, un appareil électroportatif tel un "smartphone", un clavier, un dispositif de commande d'un pointeur sur un écran, un "mini-manche" également désigné en langue anglaise par les termes de "joystick" ou de "sidestick", une interface de transfert de données telle un port USB ou un lecteur de CD, une telle
10 interface de transfert permettant de lire et de transférer les données contenues sur un support de stockage annexe non représenté par une connexion filaire ou non filaire en utilisant un protocole de communication sans fil de type Wi-Fi ou Bluetooth notamment.

Les données d'initialisation peuvent notamment comprendre les
15 données relatives aux conditions de vol de la mission et donc avoir un effet sur la première enveloppe en trois dimensions 9 de trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef. Les données d'initialisation définissant la première enveloppe en trois dimensions 9 peuvent alors correspondre à l'un des paramètres tels que la
20 hauteur maximale de vol, le plafond maximal de vol, la hauteur minimale de vol, l'écart maximal par rapport à un plan de vol, la vitesse maximale, la durée de vol T entre une trajectoire courante de l'aéronef 2 et un obstacle, le type de vol privilégié ou le type de trajectoire d'évitement d'obstacle privilégiée, par exemple latéral,
25 vertical ou une combinaison des deux.

Les données d'initialisation peuvent également se rapporter aux capacités de vol de l'aéronef 2 pour permettre au calculateur de vol 3 de générer l'enveloppe en trois dimensions 9. Dans ce cas, les

données d'initialisation peuvent alors correspondre à l'un des paramètres tels que la capacité à cabrer de l'aéronef 2, la capacité d'évitement latéral, les capacités/portées de détection de capteurs permettant la détection du relief et/ou d'obstacles fixes ou mobiles.

- 5 Les données d'initialisation peuvent également inclure une route définie par un ensemble de points aptes à être atteints par l'aéronef 2 entre un point de départ et un point d'arrivée de l'espace en trois dimensions.

Bien entendu, de telles données d'initialisation possèdent une
10 valeur par défaut et peuvent par ailleurs également être modifiée à tout moment de la mission par le pilote de l'aéronef 2.

Par ailleurs, le système d'aide au pilotage 1 comporte également des moyens d'acquisition 5 d'un environnement extérieur immédiat à l'aéronef 2.

- 15 De tels moyens d'acquisition 5 peuvent notamment comporter une mémoire 20 pour stocker une base de données « terrain » contenant des données topographiques d'une zone de vol lors d'une mission de l'aéronef 2 et un capteur d'environnement 21 choisi parmi le groupe comportant les radars, les lasers et les caméras.

20 Selon l'invention, le système d'aide au pilotage 1 comporte au moins un support d'affichage électronique 6 connecté au calculateur de vol 3 et affichant au moins au pilote des informations d'aide au pilotage de l'aéronef 2 générées par le calculateur de vol 3.

Avantageusement, un tel système d'aide au pilotage 1 peut
25 également comporter un support de stockage 15 pour mémoriser des données informatiques représentatives du (ou des) niveau(x) de

dangerosité relatif(s) aux trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef 2.

Telles que représentées aux figures 2 et 3, les informations affichées sur le(s) support(s) d'affichage électronique 6 sont formées par au moins une zone colorée 10, 11, 12, 13 représentative d'au moins un niveau de dangerosité relatif aux trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef 2. En outre, ces zones colorées 10, 11, 12, 13 sont alors affichées en superposition, voire également en transparence, sur une représentation 7, 8 de l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef 2. De telles zones colorées 10, 11, 12, 13 sont donc générées par le calculateur de vol 3 et formées par des surfaces de formes quelconques aux contours fermés.

Tel(s) que représenté(s) à la figure 2, le(s) support(s) d'affichage électronique 6 peu(ven)t comporter un écran fixe 16 solidarisé à une planche de bord 17 de l'aéronef 2. Dans ce cas, la représentation 7 de l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef 2 peut être formée par un signal video issu d'au moins une caméra ou tout autre type de capteur d'environnement 21.

En outre, les informations affichées sur l'écran fixe 16 comportent alors une première zone colorée 10 représentative d'un premier niveau de dangerosité et une deuxième zone colorée 11 représentative d'un deuxième niveau de dangerosité. La première zone colorée 10 et la deuxième zone colorée 11 sont alors colorées avec deux couleurs distinctes l'une de l'autre.

Comme déjà évoqué, les différents niveaux de dangerosité sont définis par des plages de valeurs du (ou des) paramètre(s) de vol. Chaque niveau de dangerosité peut également correspondre à une plage de valeurs d'une combinaison de plusieurs paramètres de vol.

Ces paramètres de vol sont alors avantageusement indépendants les uns des autres.

Par exemple, un premier niveau de dangerosité correspondant à la première zone colorée 10 peut correspondre à une combinaison
5 entre d'une part un nombre dsol de trajectoires possibles inférieur à une première valeur de seuil dsol1 et d'autre part une durée de vol T inférieure à une deuxième valeur de seuil T1. Le deuxième niveau de dangerosité correspondant à la deuxième zone colorée 11 peut quant
10 à lui correspondre à une combinaison entre d'une part un durée de vol T inférieure à une troisième valeur de seuil T2 et d'autre part une distance D inférieure à une quatrième valeur de seuil D1.

Tel(s) que représenté(s) à la figure 3, le(s) support(s) d'affichage électronique 6 peu(ven)t comporter de manière complémentaire ou alternative un écran transparent 26 au travers
15 duquel le pilote regarde l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef 2.

Ainsi, les informations affichées sur l'écran transparent 26 comportent alors une première zone colorée 12 représentative d'un premier niveau de dangerosité et une deuxième zone colorée 13
20 représentative d'un deuxième niveau de dangerosité. Comme précédemment, la première zone colorée 12 et la deuxième zone colorée 13 sont alors colorées avec deux couleurs distinctes l'une de l'autre.

En outre, un tel écran transparent 26 peut être de type portable
25 et consister alors en une paire de lunettes ou une visière de casque. Dans ce cas, l'écran transparent 26 peut avantageusement comporter également un capteur 27 permettant de détecter un angle de regard du pilote par rapport à la direction d'avancement de l'aéronef 2.

En effet tel que représenté à la figure 4, un tel capteur 27 permet de détecter une variation de l'orientation du regard du pilote par exemple d'un angle α entre une direction d'avancement 14 de l'aéronef 2 et une deuxième direction 24 correspondant au regard du pilote. Une fois cet angle détecté, le calculateur de vol peut instantanément calculer et générer une deuxième enveloppe en trois dimensions 19 de trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef 2 sur une durée de vol prédéterminée.

Dans ce cas, le calculateur de vol 3 permet alors d'afficher des informations sur l'écran transparent 26 comportant alors une nouvelle zone colorée représentative d'un niveau de dangerosité dans la deuxième direction 24.

Telle que représentée à la figure 5, l'invention se rapporte également à un procédé d'aide au pilotage 30 d'un aéronef 2.

Un tel procédé d'aide au pilotage 30 comporte ainsi une étape d'initialisation 31 permettant à un pilote de l'aéronef 2 d'initialiser des étapes de calcul 33 avec des données d'initialisation. Cette étape d'initialisation 31 est ainsi mise en œuvre par un organe d'initialisation 4 tel que décrit précédemment.

Le procédé d'aide au pilotage 30 comporte également des étapes d'acquisition 32 permettant d'acquérir des données représentatives d'un environnement extérieur immédiat à l'aéronef 2.

De telles étapes d'acquisition 32 sont mises en œuvres par les moyens d'acquisition 5 tels précédemment décrits.

En outre, le procédé d'aide au pilotage 30 comporte des étapes de calcul 33 pour générer, à tout instant t au moins une première

enveloppe en trois dimensions 9 de trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef 2 sur une durée de vol prédéterminée. Cette première enveloppe en trois dimensions 9 correspond à un premier cône de révolution d'axe confondu avec une direction d'avancement 5 14 de l'aéronef 2.

Par ailleurs, un tel procédé d'aide au pilotage 30 comporte au moins une étape d'affichage 34 permettant d'afficher au moins au pilote des informations d'aide au pilotage de l'aéronef 2 générées lors des étapes de calcul 33 par le calculateur de vol 3.

10 Ces informations d'aide au pilotage sont donc formées par au moins une zone colorée 10, 11, 12, 13 représentative d'au moins un niveau de dangerosité relatif aux trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef 2.

15 Une telle étape d'affichage 34 est ainsi mise en œuvre au moyen d'au moins un support d'affichage électronique 6 en superposition sur une représentation 7, 8 de l'environnement extérieur immédiat à l'aéronef 2.

20 Tel que représenté de manière optionnelle, le procédé 30 peut également comporter au moins une étape d'enregistrement 35 pour mémoriser sur le support de stockage 15 des données informatiques représentatives du (ou des) niveau(x) de dangerosité relatif(s) aux trajectoires aptes à être mises en œuvre par l'aéronef 2.

25 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.

REVENDEICATIONS

1. Système d'aide au pilotage (1) d'un aéronef (2), ledit système (1) comportant :

- un calculateur de vol (3) pour générer, à tout instant t, au moins une première enveloppe en trois dimensions (9) de trajectoires aptes à être mises en œuvre par ledit aéronef (2) sur une durée de vol prédéterminée, ladite première enveloppe en trois dimensions (9) correspondant à un premier volume de forme quelconque orienté sensiblement suivant un axe confondu avec une direction d'avancement (14) dudit aéronef (2),
- un organe d'initialisation (4) permettant à un pilote dudit aéronef (2) d'initialiser ledit calculateur de vol (3) avec des données d'initialisation,
- des moyens d'acquisition (5) d'un environnement extérieur immédiat audit aéronef (2), et
- au moins un support d'affichage électronique (6) connecté audit calculateur de vol (3), ledit au moins un support d'affichage électronique (6) permettant d'afficher au moins audit pilote des informations d'aide au pilotage dudit aéronef (2) générées par ledit calculateur de vol (3), lesdites informations étant formées par au moins une zone colorée (10, 11, 12, 13) représentative d'au moins un niveau de dangerosité relatif auxdites trajectoires aptes à être mises en œuvre par ledit aéronef (2), lesdites informations étant affichées en superposition sur une représentation (7, 8) dudit environnement extérieur immédiat audit aéronef (2),

caractérisé en ce que lesdites informations d'aide au pilotage de l'aéronef comportent une première zone colorée (10, 12) représentative d'un premier niveau de dangerosité et une deuxième zone colorée (11, 13) représentative d'un deuxième niveau de dangerosité, ladite première zone colorée (10, 12) et ladite deuxième zone colorée (11, 13) étant de couleurs distinctes l'une de l'autre, ledit système d'aide au pilotage (1) permettant audit au moins un pilote d'orienter la trajectoire dudit aéronef (2) soit vers ladite première zone colorée (10, 12) soit vers ladite deuxième zone colorée (11, 13).

2. Système selon la revendication 1,

caractérisé en ce que lesdites informations d'aide au pilotage de l'aéronef sont affichées en transparence sur ladite représentation (7, 8) dudit environnement extérieur immédiat audit aéronef (2).

3. Système selon la revendication 1,

caractérisé en ce que ledit premier niveau de dangerosité et ledit deuxième niveau de dangerosité sont respectivement définis par une comparaison entre au moins un paramètre de vol dudit aéronef (2) avec une première valeur de seuil et une deuxième valeur de seuil distinctes l'une de l'autre, ledit au moins un paramètre de vol étant choisi parmi le groupe comportant le nombre de trajectoires aptes à être mises en œuvre par ledit aéronef (2), la durée de vol T entre une trajectoire courante dudit aéronef (2) et un obstacle, le nombre dsol de trajectoires possibles dans ladite première enveloppe en trois dimensions (9) de trajectoires aptes à être mises en œuvre par ledit aéronef (2), la manœuvrabilité dudit aéronef (2), le niveau de sollicitation dynamique de ladite trajectoire courante dudit aéronef

(2), le type de trajectoires d'évitement privilégié et la distance D entre ladite trajectoire courante dudit aéronef (2) et ledit obstacle.

4. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit au moins un support d'affichage électronique (6) comporte un écran fixe (16) solidaire d'une planche de bord (17) dudit aéronef (2).

5. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit au moins un support d'affichage électronique (6) comporte un écran transparent (26) au travers duquel ledit pilote regarde ledit environnement extérieur immédiat audit aéronef (2).

6. Système selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit calculateur de vol (3) génère une deuxième enveloppe en trois dimensions (19) de trajectoires aptes à être mises en œuvre par ledit aéronef (2) sur une durée de vol prédéterminée, ladite deuxième enveloppe en trois dimensions (19) correspondant à un deuxième volume de forme quelconque orienté sensiblement suivant un axe confondu selon une deuxième direction (24) fonction d'un regard latéral dudit pilote par rapport à ladite direction d'avancement (14) dudit aéronef (2), ledit écran transparent (26) comportant un capteur (27) permettant de détecter un angle de regard (α) dudit pilote par rapport à ladite direction d'avancement (14) dudit aéronef (2).

7. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 6,

caractérisé en ce que lesdits moyens d'acquisition (5) dudit environnement extérieur immédiat audit aéronef (2) comportent une mémoire (20) pour stocker une base de données « terrain » contenant des données topographiques d'une zone de vol lors d'une mission dudit aéronef (2) et/ou une base de données « obstacles » contenant des données relatives à des obstacles émergents du relief de ladite zone de vol.

8. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 7,

caractérisé en ce que lesdits moyens d'acquisition (5) dudit environnement extérieur immédiat audit aéronef (2) comportent un capteur d'environnement (21) choisi parmi le groupe comportant les radars, les lasers et les caméras.

9. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 8,

caractérisé en ce que ledit système d'aide au pilotage (1) comporte un support de stockage (15) pour mémoriser des données informatiques représentatives dudit au moins un niveau de dangerosité relatif auxdites trajectoires aptes à être mises en œuvre par ledit aéronef (2).

10. Aéronef (2) caractérisé en ce que ledit aéronef (2) comporte un système d'aide au pilotage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

11. Procédé d'aide au pilotage (30) d'un aéronef (2), ledit procédé (30) comportant :

- des étapes de calcul (33) pour générer, à tout instant t , au moins une première enveloppe en trois dimensions (9) de trajectoires aptes à être mises en œuvre par ledit aéronef

(2) sur une durée de vol prédéterminée, ladite première enveloppe en trois dimensions (9) correspondant à un premier volume de forme quelconque orienté sensiblement suivant un axe confondu avec une direction d'avancement (14) dudit aéronef (2),

- une étape d'initialisation (31) permettant à un pilote dudit aéronef (2) d'initialiser lesdites étapes de calcul (33) avec des données d'initialisation,
- des étapes d'acquisition (32) permettant d'acquérir des données représentatives d'un environnement extérieur immédiat audit aéronef (2), et
- au moins une étape d'affichage (34) permettant d'afficher au moins audit pilote des informations d'aide au pilotage dudit aéronef (2) générées lors desdites étapes de calcul (33), lesdites informations étant formées par au moins une zone colorée (10, 11, 12, 13) représentative d'au moins un niveau de dangerosité relatif auxdites trajectoires aptes à être mises en œuvre par ledit aéronef (2), lesdites informations étant affichées au moyen d'au moins un support d'affichage électronique (6) en superposition sur une représentation (7, 8) dudit environnement extérieur immédiat audit aéronef (2),

caractérisé en ce que lesdites informations d'aide au pilotage dudit aéronef (2) comportent une première zone colorée (10, 12) représentative d'un premier niveau de dangerosité et une deuxième zone colorée (11, 13) représentative d'un deuxième niveau de dangerosité, ladite première zone colorée (10, 12) et ladite deuxième zone colorée (11, 13) étant de couleurs distinctes l'une de l'autre, ledit procédé d'aide au pilotage (30) permettant audit au moins un

pilote d'orienter la trajectoire dudit aéronef (2) soit vers ladite première zone colorée (10, 12), soit vers ladite deuxième zone colorée (11, 13).

12. Procédé selon la revendication 11,

caractérisé en ce que ledit procédé (30) comporte au moins une étape d'enregistrement (35) pour mémoriser sur un support de stockage (15) des données informatiques représentatives dudit au moins un niveau de dangerosité relatif auxdites trajectoires aptes à être mises en œuvre par ledit aéronef (2).

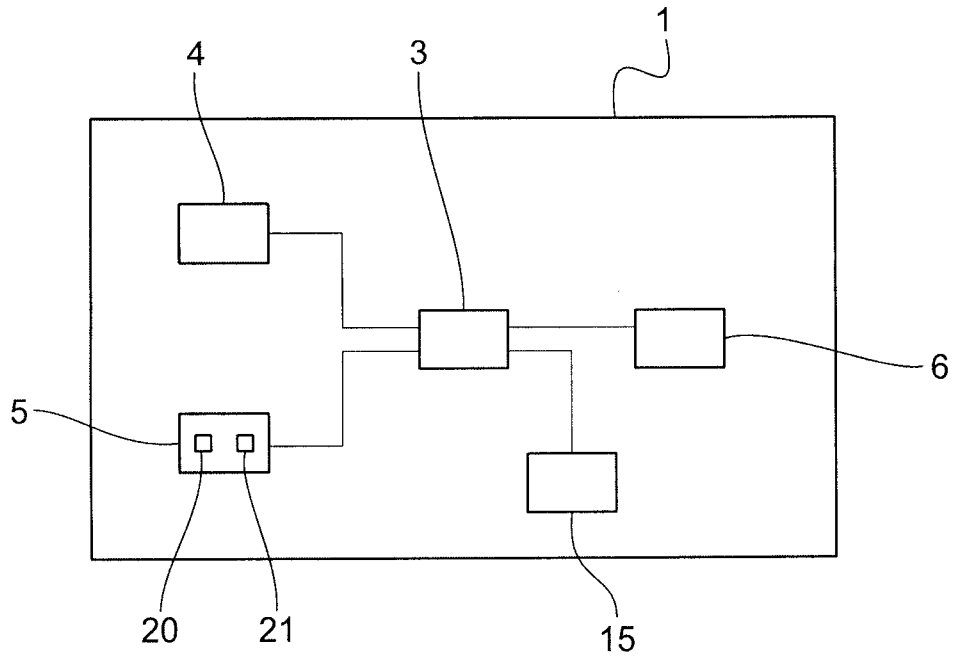


Fig.1

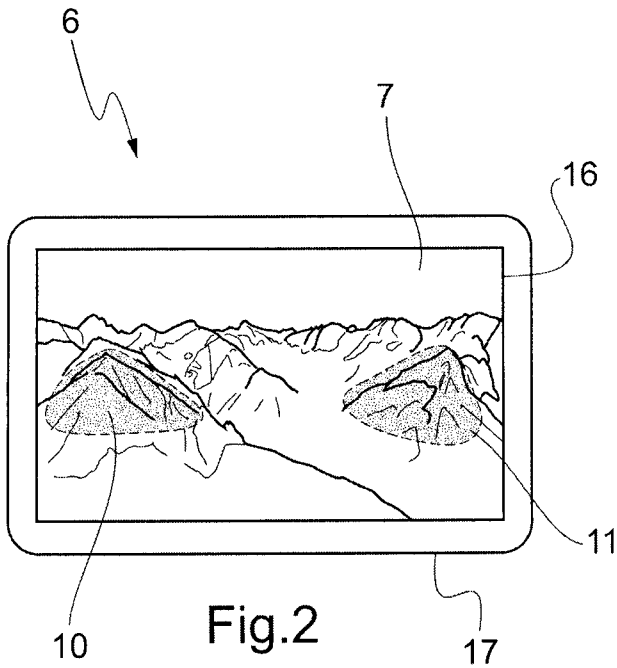


Fig.2

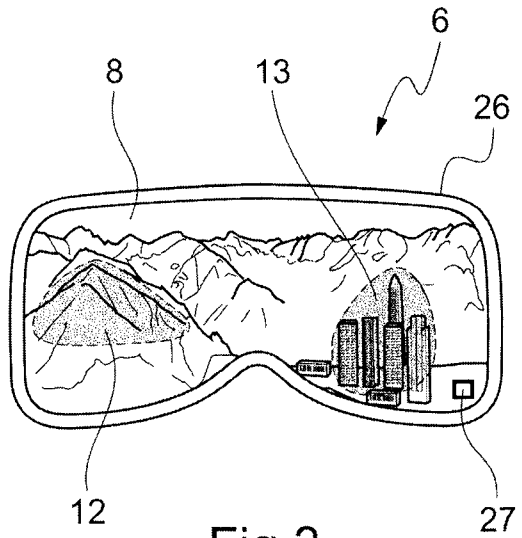


Fig.3

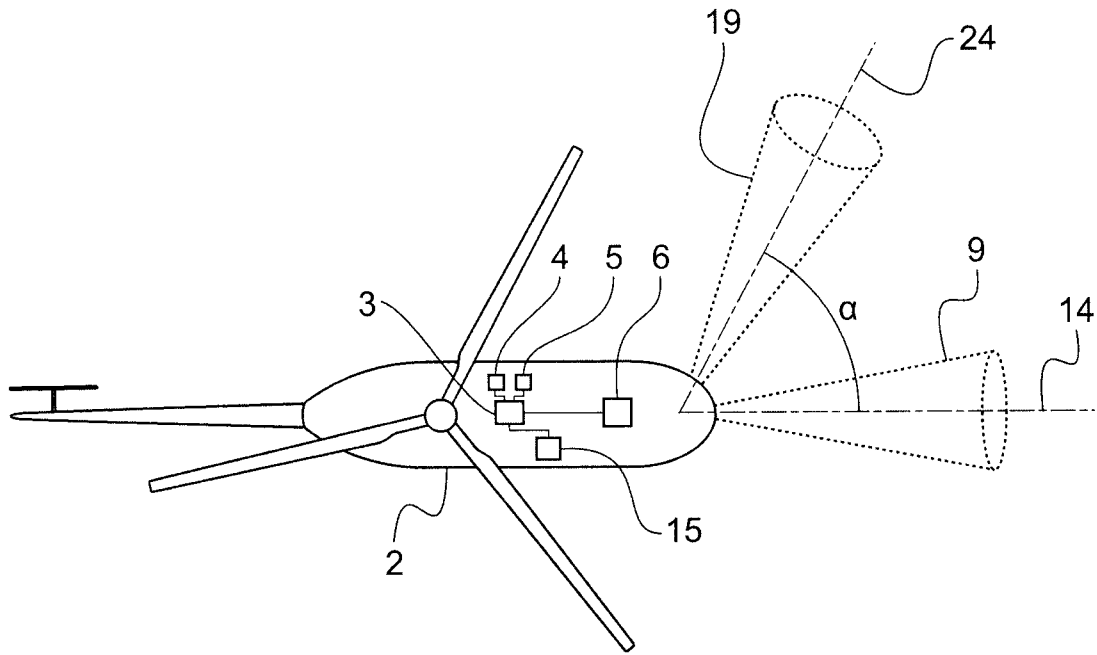


Fig.4

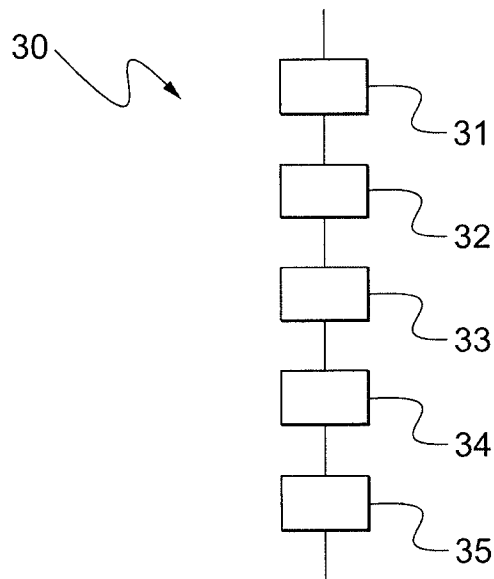


Fig.5

