



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
18.01.2012 Bulletin 2012/03

(51) Int Cl.:
G08G 5/04^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11005138.0**

(22) Date de dépôt: **24.06.2011**

(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
Etats d'extension désignés:
BA ME

(72) Inventeur: **Filiat, François-Xavier**
13330 Pelissanne (FR)

(74) Mandataire: **Pouillot, Laurent Pierre Paul**
GPI & Associés
1330, rue Guillibert de la Lauzière
EuroParc de Pichaury, Bât B2.9 - 1er Et.
13856 Aix-en-Provence Cedex 3 (FR)

(30) Priorité: **16.07.2010 FR 1002991**

(71) Demandeur: **EUROCOPTER**
13725 Marignane Cédex (FR)

(54) **Procédé d'aide au pilotage amélioré pour aéronef**

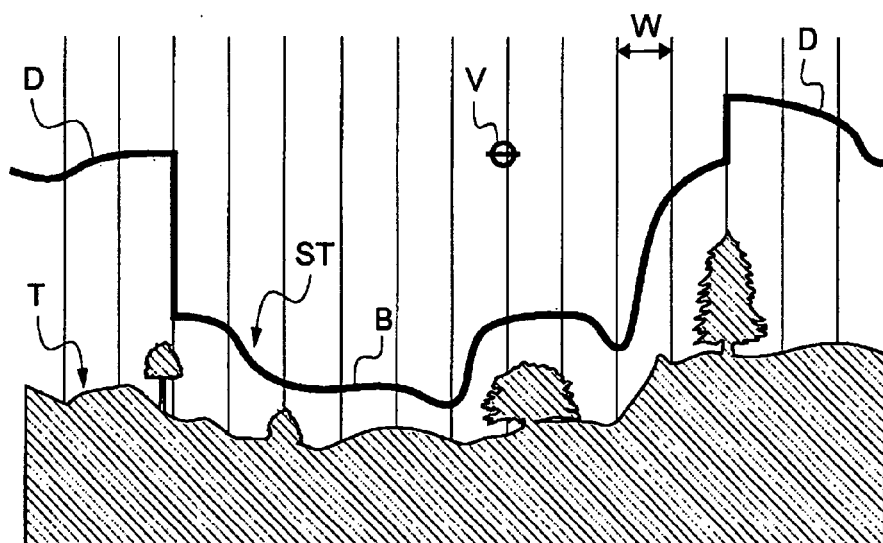
(57) La présente invention concerne un procédé d'aide au pilotage pour un aéronef consistant à utiliser des données issues d'au moins un senseur actif télémétrique (A) pour construire un cordon de sécurité senseur (B) pour l'évitement du terrain et des obstacles survolés. Ce procédé :

- définit des secteurs angulaires (w) sur le champ de vision face au pilote,
- construit un cordon de sécurité terrain (D) à l'aide d'au

moins une base de données terrain (C),

- construit pour au moins une partie des secteurs angulaires (w) un cordon hybridé de sécurité (E) lequel reprend pour chaque secteur angulaire (w) concerné le plus élevé des cordons de sécurité senseur (B) et de sécurité terrain (D),
- et affiche l'un des cordons comprenant le cordon hybridé de sécurité (E), le cordon de sécurité terrain (D) et le cordon de sécurité senseur (B).

Fig.6



Description

[0001] La présente demande est issue de la demande de brevet FR1002991 déposée le 16 juillet 2010.

[0002] L'invention se rapporte au domaine technique général de l'aide au pilotage pour aéronef à basse altitude. Dans ce genre de configuration de vol, souvent au plus près des obstacles et du sol, il convient de disposer de marges de sécurité fiables, lorsque le pilote suit une trajectoire manuellement ou à l'aide du système de pilotage automatique. Ces marges, représentatives de la distance séparant l'aéronef du terrain, sont affichées sur un écran par exemple sous forme de cordon de sécurité et revêtent un caractère vital, notamment lors de vols à faible visibilité.

[0003] La présente invention concerne plus particulièrement la navigation à basse altitude et plus précisément le suivi de terrain à altitudes variables en continu, avec un aéronef du genre giravion, hélicoptère par exemple, de manière à éviter des collisions avec le terrain ou avec des obstacles.

[0004] Les abréviations usuelles suivantes sont utilisées ci-après :

LIDAR (« Light Détection And Ranging ») : détection et télémétrie par la lumière,

RADAR (« Radio Détection And Ranging ») : détection et télémétrie radio,

AHRS (« Attitude and Heading Referential System ») : système de référence de cap et d'attitudes,

GPS (« Global Positioning System ») : système de positionnement global,

GNSS (« Global Navigation Satellite System ») : système de positionnement par satellites (incluant la solution GPS),

FOR (« Field Of Regard ») : champ visuel (angle d'ouverture de la fenêtre d'acquisition),

MSL (« Mean Sea Level ») : niveau d'altitude moyen de la mer,

WGS (« World Geodetic System ») : système de référencement mondial de l'altitude,

HFoM (« Horizontal Figure of Merit ») : erreur de position dans le plan horizontal,

VFoM (« Vertical Figure of Merit ») : erreur de position dans le plan vertical.

[0005] Par exemple lors des évacuations de blessés ou lors de vols à basse altitude sous une couche de nu-

ges, les hélicoptères essaient de voler au plus près du terrain tout en évitant une collision avec ledit terrain. Afin de réaliser du vol contour basse altitude et d'éviter les collisions avec le terrain, les pilotes d'hélicoptères volent à vue. Les moyens connus ne permettent de réaliser ce genre de mission qu'en condition de bonne visibilité ou en visibilité dégradée, mais à des altitudes non adaptées à toutes les missions. Ces altitudes sont en général relatives aux informations d'une base de données terrain avec référencement d'obstacles possible.

[0006] On connaît à ce jour deux familles de solutions pour réaliser des vols à basse altitude en restant au plus près du terrain et en évitant les obstacles.

[0007] L'une des familles concerne des méthodes utilisant des bases de données relatives au terrain (élévation sur un géoïde de référence (MSL sur WGS84 par exemple)), le cas échéant avec des bases de données d'obstacles (géo-localisées avec leur(s) hauteur(s) sur sol). Ces méthodes présentent une grande dépendance vis-à-vis de moyens de géo-localisation. Une perte par exemple d'un système GNSS présente un inconvénient majeur pour poursuivre la mission selon les conditions initiales. En outre, on est confronté au problème du manque de précision des bases de données « terrain ». Des obstacles du genre câble ne sont pas toujours référencés avec précision. Pour respecter les marges de sécurité en vol, l'hélicoptère est donc amené à voler à une altitude trop élevée par rapport au relief

[0008] Une autre famille concerne des méthodes utilisant des senseurs actifs télémétriques. Ces méthodes présentent l'inconvénient de ne pas permettre une anticipation sur les virages à effectuer et de ne pas fournir un aspect prédictif de trajectoire sur le long terme. Une méthode utilisant des senseurs actifs télémétriques est par exemple décrite dans le document FR2886439. La méthode décrite nécessite cependant de voler à une altitude élevée en cas de visibilité réduite. Cette méthode est également confrontée à des problèmes de réflexion des ondes inhérents aux senseurs télémétriques.

[0009] En outre, ces méthodes sont très dépendantes de la qualité du senseur télémétrique utilisé. A titre d'exemple, ces senseurs ont des portées variables (de 500 mètres à 2000 mètres), détectent les câbles en mode LIDAR mais pas tous en mode RADAR et détectent tous les autres obstacles en mode RADAR quelle que soit la météo mais pas en mode LIDAR. Ces méthodes conduisent donc à augmenter le stress et la charge de travail du pilote.

[0010] On connaît également par l'intermédiaire du document US345076, un système de pilotage automatique permettant de déterminer une courbe de sécurité distante de l'aéronef, plus précisément à l'aide de son vecteur vitesse, d'une distance correspondant à la distance minimale qui doit être maintenue entre l'aéronef et un relief détecté. Le système décrit détermine également des courbes supérieure et inférieure localisées de part et d'autre de la courbe de sécurité. En fonction de l'apparition d'obstacles référencés positivement ou négative-

ment par rapport à la courbe de sécurité, entre les courbes inférieures et supérieures, le système calcule des angles à piquer ou à cabrer compatibles avec la manoeuvrabilité de l'aéronef.

[0011] On connaît par ailleurs le document FR2712251, qui décrit un procédé d'aide au pilotage d'un aéronef pour des vols à basse altitude, consistant à détecter des obstacles en relief dangereux. Le procédé se base notamment sur les possibilités de manoeuvres de l'aéronef à partir desquelles on calcule une courbe fictive liée à l'aéronef et associée à une trajectoire théorique optimale de franchissement d'un obstacle dans un plan vertical. Cette trajectoire théorique optimale de franchissement est recalculée dans chaque secteur angulaire du champ de vision en prenant en considération l'obstacle le plus élevé détecté par exemple par un senseur télémétrique.

[0012] Le document FR1374954, décrit l'association d'un radar et d'un calculateur pour déterminer à tout instant la situation d'un aérodyne par rapport au sol et pour commander des ordres à piquer ou à cabrer.

[0013] Outre les documents FR2886439, US3245076, FR2712251 (= EP0652544) et FR1374954, d'autres documents sont cités.

[0014] Ainsi, le document US5892462 décrit un système d'évitement de collision avec le terrain, de type adaptatif. Des paramètres sont pris en compte depuis différentes sources pour consolider un algorithme d'évitement de terrain, dont des mesures télémétriques ou des données d'une base cartographique, sans viser à construire de cordon de sécurité sur des secteurs angulaires.

[0015] Le document US2008243383 décrit un système d'évitement de collision avec le terrain, qui intègre des paramètres issus de différentes sources.

[0016] Le document US7633430 décrit un système d'indication et d'alerte de type « TAWS » pour aéronef, qui intègre divers paramètres dont des retours de radar de bord.

[0017] Le document US2003195672 décrit des système de gestion de vol à affichage en 3D augmenté du terrain.

[0018] Les documents US20060235581, FR2658636, US6317690, et US2008243383 ont été considérés.

[0019] Lorsqu'un senseur télémétrique est utilisé, les méthodes connues sont aussi très dépendantes de la qualité de ce senseur télémétrique et ne permettent pas de pallier une défaillance dudit senseur télémétrique. Le pilote se trouve donc dans une situation où il ne peut pas utiliser un cordon de sécurité, lequel est soit indisponible, soit altéré avec des données fausses ou imprécises. Ces méthodes décrites nécessitent également de voler à une altitude élevée en cas de visibilité réduite. Des problèmes de réflexions d'ondes inhérents aux senseurs télémétriques ne sont pas écartés avec lesdites méthodes.

[0020] Toutes les mesures d'un moyen de géo localisation ne sont à ce jour pas souvent prises en compte, à savoir que les erreurs de mesures fournies par les moyens GNSS types HFoM (Horizontal Figure of Merit)

ou VFoM (Vertical Figure of Merit) donnant des indications sur les erreurs de mesures horizontales et verticales ne sont pas souvent prises en compte dans les calculs de trajectoire pour les vols à basse altitude.

5 **[0021]** Un but de l'invention vise à proposer une aide au pilotage ne présentant pas les inconvénients mentionnés ci-dessus.

[0022] Un autre but de l'invention vise à proposer une aide au pilotage particulièrement bien adaptée aux girations en général et aux hélicoptères en particulier.

10 **[0023]** Encore un but de l'invention vise à proposer une aide au pilotage particulièrement utile pur de voler au plus près du terrain et des obstacles, tout en n'altérant pas les marges de sécurité en vol.

15 **[0024]** Les buts sont atteints par la présente invention, qui est définie par les revendications.

[0025] Ces buts sont notamment atteints à l'aide d'un procédé technique d'aide au pilotage pour un aéronef qui utilise des données issues d'au moins un senseur actif télémétrique pour construire un cordon de sécurité 20 senseur pour l'évitement du terrain et des obstacles survolés. Pour ce faire, cette réalisation prévoit :

- de définir et calculer des secteurs angulaires sur le 25 champ de vision face au pilote,
- de construire un cordon de sécurité terrain à l'aide d'au moins une base de données terrain,
- 30 - de construire pour au moins une partie des secteurs angulaires un cordon hybridé de sécurité lequel reprend pour chaque secteur angulaire concerné le plus élevé des cordons de sécurité senseur et de sécurité terrain,
- 35 - et d'afficher l'un des cordons comprenant le cordon hybridé de sécurité, le cordon de sécurité terrain et le cordon de sécurité senseur.

40 **[0026]** Selon un exemple de mise en oeuvre, le procédé conforme à l'invention prévoit d'afficher le cordon de sécurité terrain dans au moins un premier mode de fonctionnement.

[0027] Selon un exemple de mise en oeuvre, le procédé conforme à l'invention prévoit d'afficher le cordon 45 hybridé de sécurité dans un second mode de fonctionnement.

[0028] Selon un exemple de mise en oeuvre, le procédé conforme à l'invention prévoit d'afficher un cordon 50 hybridé de suivi de terrain dans au moins un troisième mode de fonctionnement, ledit cordon hybridé de suivi de terrain étant construit avec le cordon de sécurité senseur et avec le cordon de sécurité terrain en cas d'absence ou de perte de mesures du senseur actif télémétrique ou en cas d'un champ de vision non couvert par ledit senseur actif télémétrique.

[0029] Selon un exemple de mise en oeuvre, le procédé conforme à l'invention prévoit d'afficher le cordon de sé-

curité capteur dans au moins un mode de fonctionnement additionnel.

[0030] Selon un exemple de mise en oeuvre, le procédé conforme à l'invention prévoit, lorsque le cordon de sécurité capteur et le cordon de sécurité terrain sont dépourvus d'erreurs de construction, de sélectionner un mode de fonctionnement parmi les premier et second modes de fonctionnement.

[0031] Selon un exemple de mise en oeuvre, le procédé conforme à l'invention prévoit, lorsque le cordon de sécurité capteur et le cordon de sécurité terrain sont dépourvus d'erreurs de construction, de sélectionner un mode de fonctionnement parmi les premier, second et troisième modes de fonctionnement.

[0032] Selon un exemple de mise en oeuvre, le procédé conforme à l'invention prévoit de vérifier l'état de fonctionnement des moyens de localisation et l'intégrité de la base de données terrain établissant le cordon de sécurité terrain, à vérifier l'état de fonctionnement du capteur actif télémétrique et du système GNSS/AHRS établissant le cordon de sécurité capteur, à afficher le cordon de sécurité capteur en cas de panne des moyens de localisation ou de corruption de la base de données terrain et à afficher une alarme terrain en cas de panne des moyens de localisation ou de corruption (absence) de la base de données terrain, cumulée avec une panne du capteur actif télémétrique.

[0033] Selon un exemple de mise en oeuvre, le procédé conforme à l'invention prévoit de vérifier l'état de fonctionnement des moyens de localisation et l'intégrité de la base de données terrain établissant le cordon de sécurité terrain, à vérifier le fonctionnement du capteur actif télémétrique et du système AHRS/GNSS établissant le cordon de sécurité capteur, et à afficher le cordon de sécurité terrain en cas de panne du capteur actif télémétrique ou du système GNSS/AHRS.

[0034] Selon un exemple de mise en oeuvre, le procédé conforme à l'invention prévoit d'utiliser un vecteur d'état représentant les informations provenant de capteurs de navigation embarqués, pour construire le cordon de sécurité terrain et le cordon de sécurité capteur.

[0035] Selon un exemple de mise en oeuvre, le procédé conforme à l'invention prévoit d'afficher un vecteur vitesse symbolisant l'aéronef et son positionnement relatif par rapport au cordon affiché.

[0036] Selon un exemple de mise en oeuvre, le procédé conforme à l'invention prévoit de construire une trajectoire en trois dimensions, prédictive du suivi de terrain en utilisant un vecteur d'état simulé, la base de données terrain et une route en deux dimensions tracée par le pilote.

[0037] Selon un exemple de mise en oeuvre, le procédé conforme à l'invention prévoit d'enregistrer la trajectoire en trois dimensions ainsi que les données relatives au terrain issues de la simulation de manière à faire suivre ladite trajectoire par un système de pilote automatique.

[0038] Selon un exemple de mise en oeuvre, le pro-

cédé conforme à l'invention prévoit d'afficher le cordon de sécurité terrain ou le cordon hybride de sécurité, construit en temps réel à partir de la base de données terrain et des mesures du capteur actif télémétrique pour contrôler le bon fonctionnement du système de pilote automatique.

[0039] Selon un exemple de mise en oeuvre, le procédé conforme à l'invention prévoit d'utiliser une base de données terrain comprenant une base de données d'obstacles.

[0040] L'invention présente l'avantage de pouvoir fournir un aspect prédictif du terrain rencontré.

[0041] Un autre avantage de l'invention est lié à la possibilité en cas de panne du capteur actif télémétrique, de construire un cordon de sécurité à partir d'une base de données terrain se substituant à la perte de mesures dudit capteur.

[0042] Encore un autre avantage de l'invention est lié à la possibilité d'anticiper les manoeuvres en phases de virage. En raison de sa portée, et de son champ de vue (FOR : Field Of Regard), un capteur télémétrique n'a pas la capacité en virage à fort roulis d'anticiper l'élévation au dessus du terrain sur les zones que l'aéronef va « découvrir ».

[0043] Un avantage supplémentaire de l'invention est lié à la sécurisation de la détection d'obstacles grâce au capteur actif télémétrique, en cas de défaillance ou de manque de précision de la base de données terrain (avec ou sans base de données d'obstacles). Même les câbles ou autres objets non référencés ou mal référencés par la base de données terrain, sont détectés et permettent donc de voler avec plus de sécurité.

[0044] Grâce au fait que l'invention permet qu'un cordon de sécurité soit affiché pour une trajectoire préenregistrée selon les contraintes de construction du cordon à tout instant du vol, le pilote peut utilement vérifier le bon fonctionnement du système avec un pilote automatique. Cette vérification se fait par le contrôle de la position du vecteur vitesse de l'hélicoptère par rapport au cordon de sécurité affiché.

[0045] L'invention permet au pilote de choisir entre différents modes de fonctionnement. Le pilote peut ainsi choisir, en fonction de la nature de sa mission ou des conditions météorologiques, le mode d'aide au pilotage le plus adéquat pour effectuer le vol à basse ou très basse altitude.

[0046] L'invention et ses avantages apparaîtront avec plus de détails dans le cadre de la description qui suit avec un exemple de réalisation donné à titre illustratif et non limitatif en référence aux figures annexées qui représentent :

- la figure 1, un schéma fonctionnel d'exemple de mise en oeuvre du procédé d'aide au pilotage conforme à l'invention,
- la figure 2, un schéma logique illustrant les étapes d'un exemple de mise en oeuvre du procédé conforme

à l'invention,

- la figure 3, un exemple de cordon de sécurité terrain construit grâce au procédé conforme à l'invention et affiché sur un écran, ledit cordon étant construit à partir d'au moins une base de données terrain et obstacles,
- la figure 4, un autre exemple de cordon de sécurité sensor construit grâce au procédé conforme à l'invention et affiché sur un écran, ledit cordon étant construit à partir de mesures effectuées par un senseur actif télémétrique,
- la figure 5, un autre exemple de cordon hybridé de sécurité construit grâce au procédé conforme à l'invention et affiché sur un écran, ledit cordon étant construit à partir d'au moins une base de données terrain et obstacles complété et/ou modifié le cas échéant avec des informations issues du senseur actif télémétrique,
- et la figure 6, un autre exemple de cordon hybridé de suivi de terrain construit grâce au procédé conforme à l'invention et affiché sur un écran, ledit cordon étant construit à partir du cordon de sécurité sensor de la figure 4 et du cordon de sécurité terrain de la figure 3.

[0047] Les éléments structurellement et fonctionnellement identiques, présents sur plusieurs figures distinctes sont affectés d'une seule et même référence numérique ou alphanumérique.

[0048] La figure 1 est un schéma fonctionnel d'un exemple de mise en oeuvre du procédé d'aide au pilotage conforme à l'invention.

[0049] Ce procédé d'aide au pilotage pour un aéronef prévoit d'utiliser des données mesurées issues d'au moins un senseur actif télémétrique A pour construire un cordon de sécurité sensor B pour l'évitement du terrain et des obstacles.

[0050] Dans la présente, les termes « senseur actif télémétrique » doivent être compris de façon large et non limitative, englobant également tous moyens de capture d'images à distance, notamment des imageurs 3D ou stéréoscopiques.

[0051] Le procédé d'aide au pilotage pour un aéronef construit un cordon de sécurité terrain D à l'aide d'au moins une base de données terrain C. Cette dernière comprend par exemple une base de données obstacles C'.

[0052] La construction du cordon de sécurité terrain D et du cordon de sécurité sensor B est effectuée en utilisant des algorithmes spécifiques et connus et un vecteur d'état VE ou un vecteur d'état simulé VE'. Les vecteurs d'état VE et VE' sont basés sur l'ensemble des paramètres de navigation tels que l'accélération a, la vitesse v, les informations issues de l'AHRS (attitudes :

roulis, tangage et lacet) et de GNSS (position : Latitude, Longitude, Altitude MSL et erreurs horizontales et verticales : HFoM et VFoM).

[0053] Ce procédé technique définit et calcule également des secteurs angulaires w sur un champ de vision FOR face au pilote.

[0054] Ce procédé construit ensuite, pour au moins une partie des secteurs angulaires w, un cordon hybridé de sécurité E, lequel reprend pour chaque secteur angulaire w concerné, le plus élevé des cordons de sécurité sensor B et de sécurité terrain D.

[0055] Ce procédé technique affiche ensuite, à l'aide d'un écran F, l'un des cordons comprenant le cordon hybridé de sécurité E, le cordon de sécurité terrain D et le cordon de sécurité sensor B. Le cordon affiché est de préférence superposé aux secteurs angulaires w du champ de vision FOR.

[0056] Selon une de mise en oeuvre, le procédé de l'invention affiche le cordon de sécurité terrain D dans au moins un premier mode de fonctionnement M1.

[0057] Selon une autre mise en oeuvre, le procédé de l'invention affiche le cordon hybridé de sécurité E dans un second mode de fonctionnement M2.

[0058] Selon encore un autre exemple, le procédé de l'invention affiche un cordon hybridé de suivi de terrain ST dans au moins un troisième mode de fonctionnement M3.

[0059] Le cordon hybridé de suivi de terrain ST est construit selon le procédé technique avec le cordon de sécurité sensor B et avec le cordon de sécurité terrain D en cas d'absence ou de perte de mesures du senseur actif télémétrique A ou en cas d'un champ de vision FOR non couvert par ledit senseur actif télémétrique A.

[0060] Selon un exemple de l'invention, le procédé technique affiche le cordon de sécurité sensor B dans au moins un mode de fonctionnement additionnel.

[0061] La figure 2, est un schéma logique illustrant les étapes d'un exemple de mise en oeuvre de l'invention. Dans cet exemple, il est possible pour le pilote de sélectionner divers modes de fonctionnement. Le choix de l'un ou l'autre de ces modes dépend notamment de la nature de la mission à effectuer, du relief et des conditions climatiques.

[0062] Le procédé de l'invention vérifie la non corruption des cordons de sécurité B et D à l'aide de moyens de détection respectifs MD1 et MD3. La vérification du fonctionnement des cordons se fait de la façon suivante :

avec un senseur actif, si aucune information n'est délivrée par le senseur ou que les données ont un signal indiquant des mesures erronées (faux échos par exemple), le cordon de sécurité sensor est déclaré invalide.

avec une base de données uniquement : si la vérification de départ indique une base de données n'étant pas suffisamment à jour, non définie sur la zone à survoler ou corrompue physiquement, le cor-

don de sécurité terrain est déclaré invalide

[0063] Selon un exemple de l'invention consiste, lorsque le cordon de sécurité capteur B et le cordon de sécurité terrain D sont dépourvus d'erreurs de construction, le procédé technique sélectionne un mode de fonctionnement parmi les premier M1 et second M2 modes de fonctionnement.

[0064] Selon un autre exemple de l'invention consiste, lorsque le cordon de sécurité capteur B et le cordon de sécurité terrain D sont dépourvus d'erreurs de construction, le procédé technique sélectionne un mode de fonctionnement parmi les premier M1, second M2 et troisième M3 modes de fonctionnement.

[0065] Selon un exemple de l'invention le procédé technique vérifie l'état de fonctionnement des moyens de localisation GNSS et l'intégrité de la base de données terrain C établissant le cordon de sécurité terrain D, et vérifie l'état de fonctionnement du capteur actif télémétrique A et du système GNSS/AHRS aidant à la construction du cordon de sécurité capteur B.

[0066] Le procédé conforme à l'invention affiche le cordon de sécurité capteur B en cas de panne des moyens de localisation ou de corruption de la base de données terrain C et affiche une alarme « terrain » en cas de panne des moyens de localisation ou de corruption de la base de données terrain C cumulée avec une panne du capteur actif télémétrique A.

[0067] Selon un exemple de mise en œuvre, le procédé conforme à l'invention vérifie l'état de fonctionnement des moyens de localisation GNSS et l'intégrité de la base de données terrain C établissant le cordon de sécurité terrain D, vérifie le fonctionnement du capteur actif télémétrique A et du système GNSS/AHRS établissant le cordon de sécurité capteur B, et affiche le cordon de sécurité terrain D, en cas de panne du capteur actif télémétrique A ou du système GNSS/AHRS.

[0068] Le procédé conforme à l'invention utilise un vecteur d'état VE représentant les informations provenant de capteurs de navigation embarqués, pour construire le cordon de sécurité terrain D et le cordon de sécurité capteur B.

[0069] Selon un exemple, le procédé de l'invention affiche un vecteur vitesse V symbolisant l'aéronef et son positionnement relatif par rapport au cordon affiché et par rapport au terrain T. ceci ressort des figures 3 à 6.

[0070] Selon un autre exemple, le procédé conforme à l'invention construit une trajectoire en trois dimensions, prédictive du suivi de terrain en utilisant une route en deux dimensions tracée par le pilote, la base de données terrain C et un vecteur d'état simulé (VE') pour la totalité de la route.

[0071] Selon un exemple le procédé technique enregistre la trajectoire en trois dimensions ainsi que les données relatives au terrain issues de la simulation, de manière à faire suivre ladite trajectoire par un système de pilotage avec commandes automatiques ou manuelles.

[0072] Par exemple, le procédé technique affiche le

cordon de sécurité terrain D ou le cordon hybridé de sécurité E, construit en temps réel à partir de la base de données terrain C et des mesures du capteur actif télémétrique A, pour un contrôle utile et efficace du bon fonctionnement du système de pilotage automatique.

[0073] Selon un exemple, le procédé utilise une base de données terrain C comprenant une base de données d'obstacles C'.

[0074] La figure 3, représente un exemple de cordon de sécurité terrain D construit selon le procédé conforme à l'invention et affiché sur un écran. Le cordon de sécurité terrain D est construit à partir d'au moins une base de données terrain C et obstacles C'. Le terrain et le relief T sont affichés simultanément avec le cordon de sécurité terrain D. Le vecteur vitesse v est également affiché.

[0075] La base de données terrain C, le cas échéant complétée de la base d'obstacles C', présente également un niveau de sécurité donné. Un lissage (algorithme de lissage) et un rajout proportionnels aux marges d'erreurs fournies par ladite base de données terrain C permettent d'augmenter la hauteur du cordon de sécurité terrain D. Des informations issues d'un GNSS telles que la HFoM ou la VFoM peuvent aussi être utilisées à cet effet.

[0076] La figure 4 représente un exemple de cordon de sécurité capteur B, construit selon le procédé de l'invention et affiché sur un écran. Le cordon de sécurité capteur B est construit par ce procédé technique à partir de mesures effectuées par un capteur actif télémétrique A. Ce dernier est par exemple un télémètre LIDAR ou RADAR. D'autres détecteurs d'obstacles en trois dimensions sont employés dans des réalisations de l'invention. Le cordon de sécurité capteur B permet de se rapprocher le plus du terrain T et des obstacles.

[0077] La figure 5 représente un exemple de cordon hybridé de sécurité E, construit selon le procédé de l'invention et affiché sur un écran. Le cordon hybridé de sécurité E est construit à partir d'au moins une base de données terrain C et d'obstacles C', complétée et/ou modifiée le cas échéant avec des informations issues du capteur actif télémétrique A. Ce capteur actif télémétrique A détecte par exemple un mât 1 dans un secteur angulaire w1 et le procédé de l'invention rehausse le cordon de sécurité terrain D dans ce secteur angulaire w1. Cela revient pour le procédé de l'invention à remplacer dans le secteur angulaire concerné w1, le cordon de sécurité terrain D par le cordon de sécurité capteur B. Cela correspond par exemple à un cas où des obstacles ne sont pas répertoriés dans les bases de données C et C'.

[0078] Les secteurs angulaires w, w1 définis et calculés par le procédé de l'invention, ne sont illustrés sur la figure 5 qu'à des fins didactiques pour comprendre la construction d'un cordon et ne sont pas affichés sur un écran dans les réalisations de l'invention.

[0079] Les opérations de modification ou de complément des bases de données C et C', ou alternativement de remplacement d'une portion de cordon de sécurité terrain D dans certains secteurs angulaires w1 par un cordon de sécurité capteur B, sont effectuées par un

calculateur de mission gérant la base de données (certifiée ou non). Ce calculateur de mission est intégré au système avionique embarqué.

[0080] En cas d'absence de données terrain pour un ou plusieurs secteurs angulaires w , le cordon de sécurité terrain D est complété selon le procédé de l'invention avec les informations du senseur actif télémétrique A si elles sont disponibles. Si un champ de vision FOR pour l'un des cordons de sécurités B, D est supérieur à l'autre, c'est ce cordon de sécurité le plus étendu qui sera affiché dans les secteurs angulaires w concernés. Le pilote dispose ainsi d'un cordon par défaut dans certains secteurs angulaires w .

[0081] Dans le mode de fonctionnement M1, affichant le cordon de sécurité terrain D, un avantage est que l'invention n'utilise pas le senseur actif télémétrique A, lequel peut fournir de faux échos dans certains cas et être détectable.

[0082] La figure 6 montre un exemple de cordon hybridé de suivi de terrain ST construit selon le procédé conforme à l'invention et affiché sur un écran. Le cordon hybridé de suivi de terrain ST est construit à partir du cordon de sécurité senseur B de la figure 4 et du cordon de sécurité terrain D de la figure 3. Il apparaît clairement que le champ de vision FOR pour le senseur actif télémétrique A ne couvre pas l'ensemble des secteurs angulaires w couverts par le cordon de sécurité terrain D. Ce dernier sera donc affiché en dehors du champ de vision FOR du senseur actif télémétrique A. Le cordon de sécurité senseur B, le plus près du terrain est affiché en priorité et en cas d'absence ou de perte d'informations du senseur actif télémétrique A, c'est le cordon de sécurité terrain D qui est affiché.

[0083] Naturellement, la présente invention est sujette à des variantes outre les modes de réalisations décrits.

Revendications

1. Procédé d'aide au pilotage pour un aéronef ce procédé technique utilisant des données issues d'au moins un senseur actif télémétrique pour construire un cordon de sécurité senseur (B) pour l'évitement du terrain et des obstacles survolés, **caractérisé en ce que** le procédé :
 - définit et calcule des secteurs angulaires (w) sur le champ de vision (FOR) face au pilote,
 - construit un cordon de sécurité terrain (D) à l'aide d'au moins une base de données terrain,
 - construit pour au moins une partie des secteurs angulaires (w) un cordon hybridé de sécurité (E) lequel reprend pour chaque secteur angulaire (w) concerné le plus élevé des cordons de sécurité senseur (B) et de sécurité terrain (D),
 - et affiche l'un des cordons comprenant le cordon hybridé de sécurité (E), le cordon de sécurité terrain (D) et le cordon de sécurité senseur

(B).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** prévoit de afficher le cordon de sécurité terrain (D) dans au moins un premier mode de fonctionnement.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** ce procédé prévoit de afficher le cordon hybridé de sécurité (E) dans un second mode de fonctionnement.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** ce procédé prévoit d'afficher un cordon hybridé de suivi de terrain (ST) dans au moins un troisième mode de fonctionnement, ledit cordon hybridé de suivi de terrain (ST) étant construit avec le cordon de sécurité senseur (B) et avec le cordon de sécurité terrain (D) en cas d'absence ou de perte de mesures du senseur actif télémétrique (A) ou en cas d'un champ de vision (FOR) non couvert par ledit senseur actif télémétrique.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** ce procédé prévoit d'afficher le cordon de sécurité senseur (B) dans au moins un mode de fonctionnement additionnel.
6. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** lorsque le cordon de sécurité senseur (B) et le cordon de sécurité terrain (D) sont dépourvus d'erreurs de construction, le procédé sélectionne le mode de fonctionnement parmi les premier et second modes de fonctionnement.
7. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que**, lorsque le cordon de sécurité senseur (B) et le cordon de sécurité terrain (D) sont dépourvus d'erreurs de construction, le procédé sélectionne le mode de fonctionnement parmi les premier, second et troisième modes de fonctionnement.
8. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** prévoit de vérifier l'état de fonctionnement des moyens de localisation et l'intégrité de la base de données terrain (C) établissant le cordon de sécurité terrain (D), de vérifier l'état de fonctionnement du senseur actif télémétrique (A) et du système GNSS/AHRS établissant le cordon de sécurité senseur (B), et d'afficher le cordon de sécurité senseur (B) en cas de panne des moyens de localisation ou de corruption de la base de données terrain (C) et d'afficher une alarme terrain en cas de panne des moyens de localisation ou de corruption de la base de données terrain (C) cumulée avec une panne du senseur actif télémétrique (A).

9. Procédé selon la revendication 1 ou 8,
caractérisé en ce que ce procédé prévoit de vérifier l'état de fonctionnement des moyens de localisation et l'intégrité de la base de données terrain (C) établissant le cordon de sécurité terrain (D), de vérifier le fonctionnement du capteur actif télémétrique (A) et du système GNSS/AHRS établissant le cordon de sécurité capteur (B), et d'afficher le cordon de sécurité terrain (D) en cas de panne du capteur actif télémétrique (A) ou du système GNSS/AHRS. 5 10
10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9,
caractérisé en ce que ce procédé prévoit d'utiliser un vecteur d'état (VE) représentant les informations provenant de capteurs de navigation embarqués, pour construire le cordon de sécurité terrain (D) et le cordon de sécurité capteur (B). 15
11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10,
caractérisé en ce que ce procédé prévoit d'afficher un vecteur vitesse (V) symbolisant l'aéronef et son positionnement relatif par rapport au cordon affiché. 20
12. Procédé selon la revendication 11,
caractérisé en ce que ce procédé prévoit de construire une trajectoire en trois dimensions, prédictive du suivi de terrain en utilisant un vecteur d'état simulé (VE'), la base de données terrain (C) et une route en deux dimensions tracée par le pilote. 25 30
13. Procédé selon la revendication 12,
caractérisé en ce que ce procédé prévoit d'enregistrer la trajectoire en trois dimensions ainsi que les données relatives au terrain issues de la simulation de manière à faire suivre ladite trajectoire par un système de pilotage automatique. 35
14. Procédé selon la revendication 13,
caractérisé en ce que ce procédé prévoit d'afficher le cordon de sécurité terrain (D) ou le cordon hybridé de sécurité (E), construits en temps réel à partir de la base de données terrain (C) et des mesures du capteur actif télémétrique (A) pour contrôler le bon fonctionnement du système de pilotage automatique. 40 45
15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 14,
caractérisé en ce que ce procédé prévoit d'utiliser une base de données terrain (C) comprenant une base de données d'obstacles (C'). 50

55

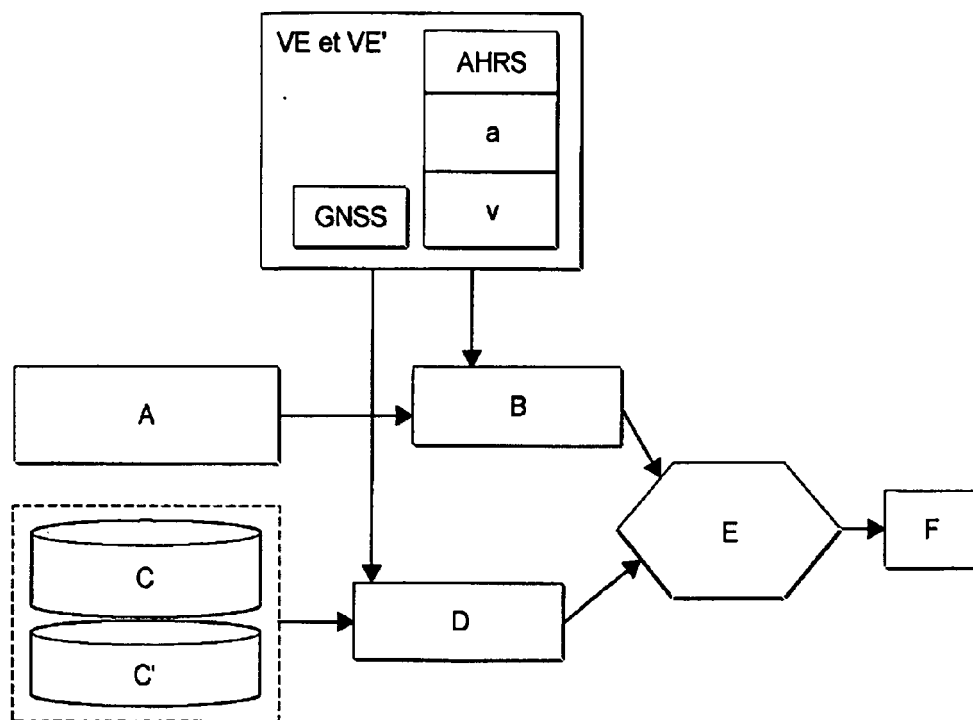


Fig.1

Fig.2

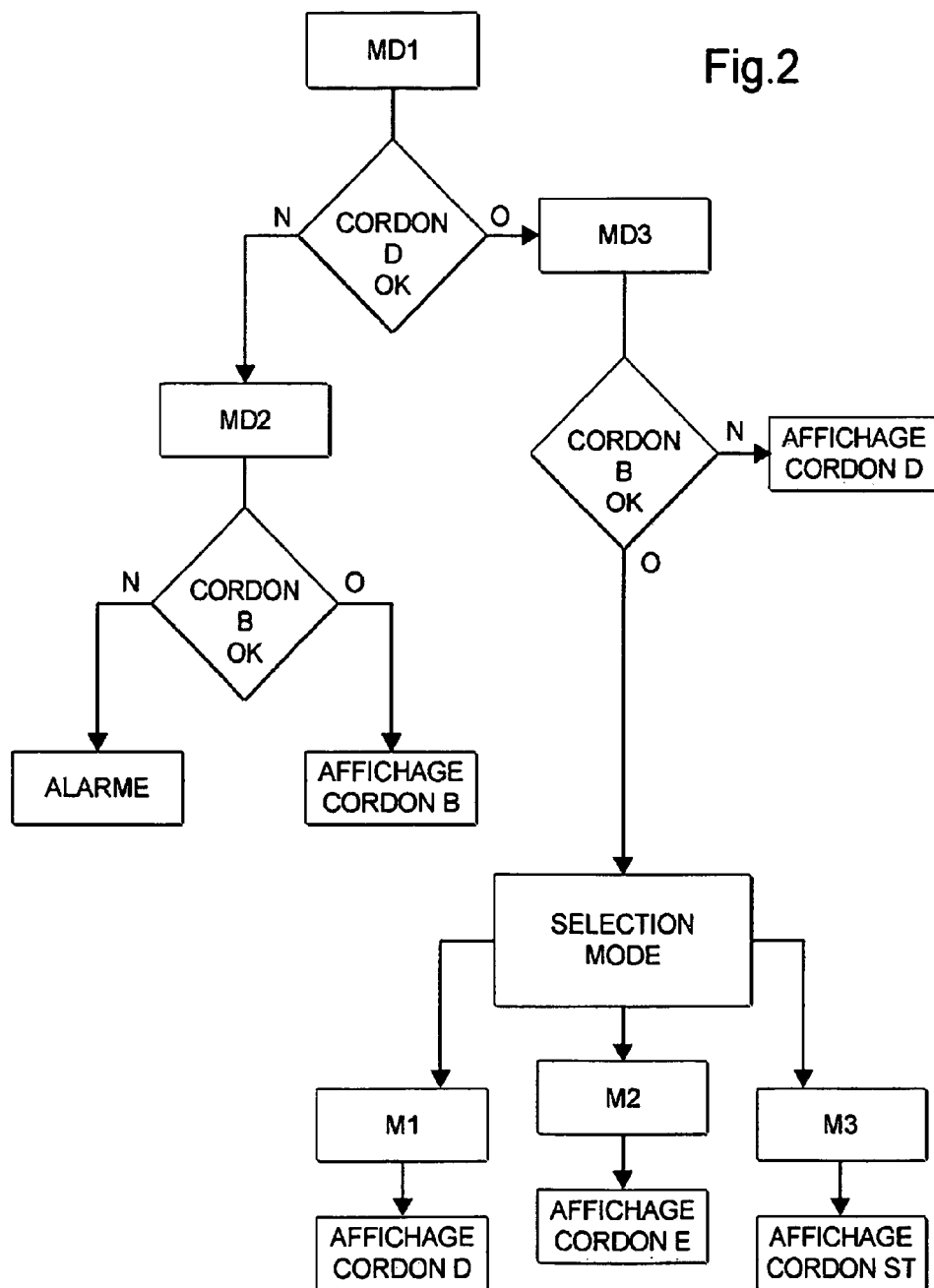


Fig.3

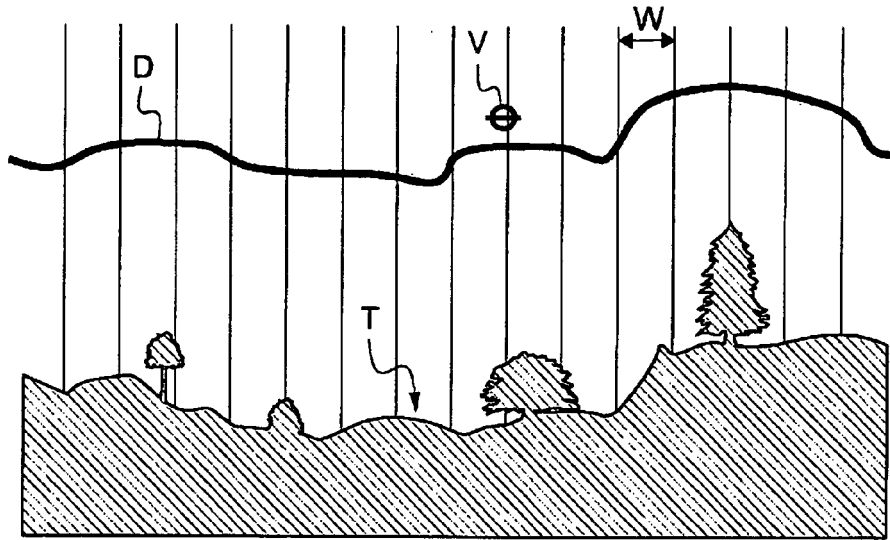


Fig.4

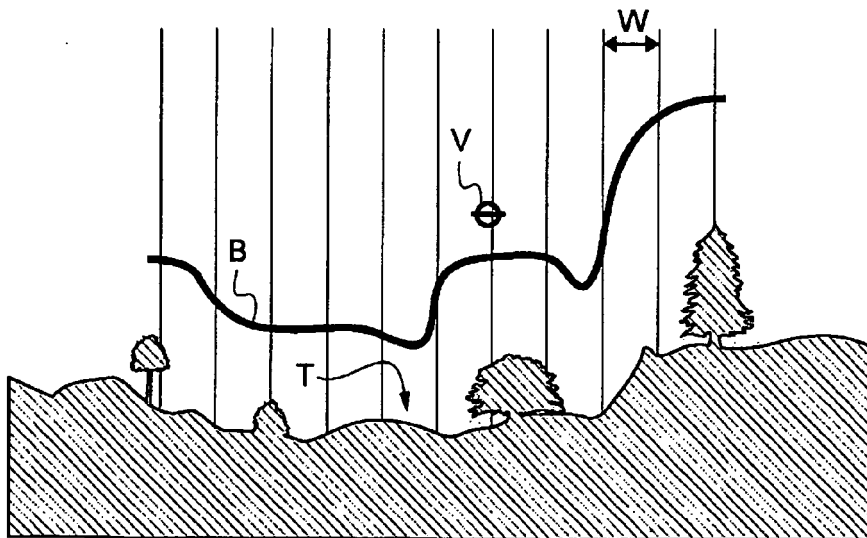


Fig.5

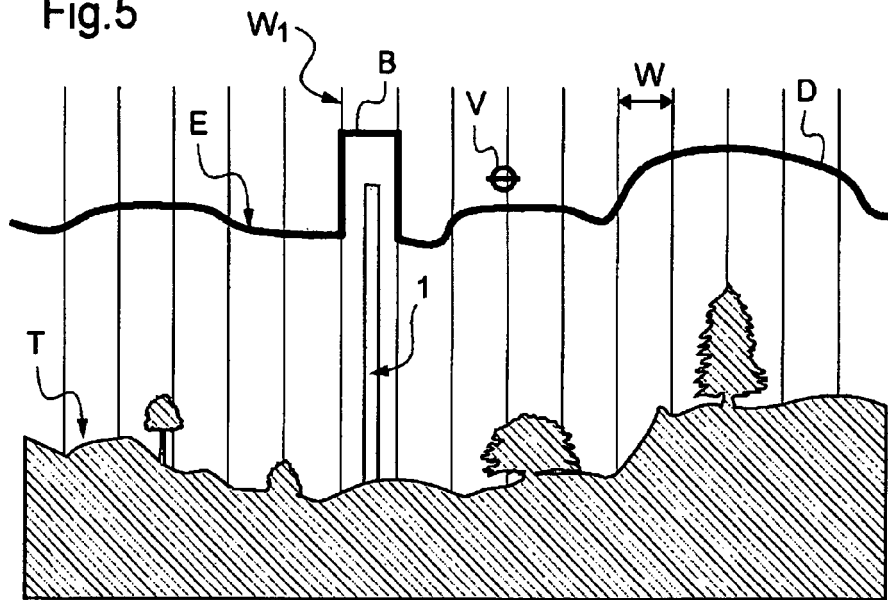
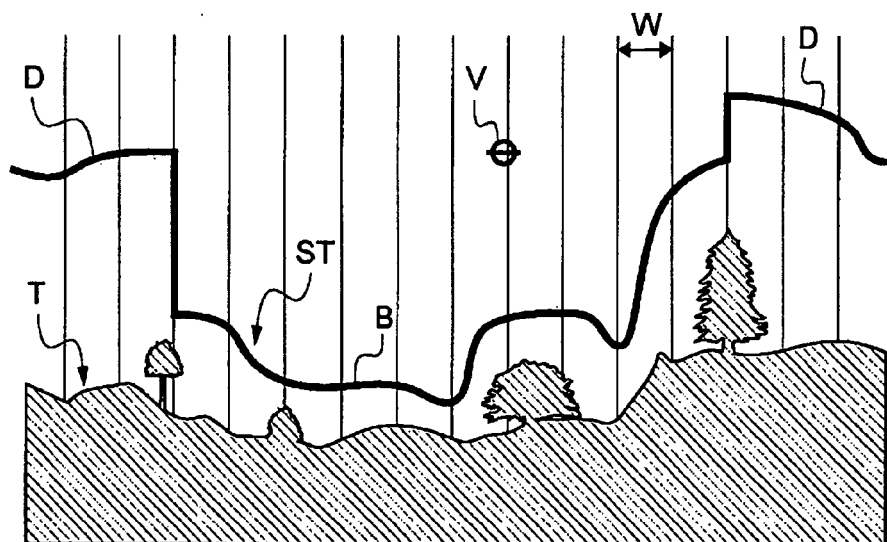


Fig.6





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 11 00 5138

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 5 892 462 A (TRAN MY [US]) 6 avril 1999 (1999-04-06) * colonne 4, ligne 60 - colonne 6, ligne 13 * * colonne 9, ligne 33 - ligne 55; figures 1,2,5,13 *	1,11-15	INV. G08G5/04
A	US 2008/243383 A1 (LIN CHING-FANG [US]) 2 octobre 2008 (2008-10-02) * Alinéas [0047]-[0053], [0091], [0110]-[0113] figures 3,8 *	1,11-15	
A	US 7 633 430 B1 (WICHGERS JOEL M [US] ET AL) 15 décembre 2009 (2009-12-15) * colonne 3, ligne 13 - colonne 4, ligne 5; figures 1-5 *	1	
A	US 2003/195672 A1 (HE GANG [US]) 16 octobre 2003 (2003-10-16) * Alinéas [0013], [0014], [0019], [0020] figures 1,2 *	1	
A,D	EP 0 652 544 A1 (EUROCOPTER FRANCE [FR]) 10 mai 1995 (1995-05-10) * colonne 1, ligne 24 - colonne 2, ligne 3 * * colonne 6, ligne 2 - ligne 21; figure 2 *	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 5 septembre 2011	Examineur Bourdier, Renaud
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 11 00 5138

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

05-09-2011

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5892462 A	06-04-1999	DE 69606804 D1 DE 69606804 T2 EP 0750238 A1	06-04-2000 15-06-2000 27-12-1996
US 2008243383 A1	02-10-2008	AUCUN	
US 7633430 B1	15-12-2009	AUCUN	
US 2003195672 A1	16-10-2003	AU 2003230881 A1 EP 1495289 A1 WO 03087727 A1	27-10-2003 12-01-2005 23-10-2003
EP 0652544 A1	10-05-1995	CA 2135410 A1 DE 69413642 D1 DE 69413642 T2 FR 2712251 A1 JP 3614193 B2 JP 7165193 A RU 2095280 C1 US 5555175 A	11-05-1995 05-11-1998 25-03-1999 19-05-1995 26-01-2005 27-06-1995 10-11-1997 10-09-1996

EPO FORM P0480

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- FR 1002991 [0001]
- FR 2886439 [0008] [0013]
- US 345076 A [0010]
- FR 2712251 [0011] [0013]
- FR 1374954 [0012] [0013]
- US 3245076 A [0013]
- EP 0652544 A [0013]
- US 5892462 A [0014]
- US 2008243383 A [0015] [0018]
- US 7633430 B [0016]
- US 2003195672 A [0017]
- US 20060235581 A [0018]
- FR 2658636 [0018]
- US 6317690 B [0018]