



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
13.06.2012 Bulletin 2012/24

(51) Int Cl.:
G08G 5/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11191208.5**

(22) Date de dépôt: **29.11.2011**

(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) Inventeurs:
• **Giovannini, Andrea**
31300 Toulouse (FR)
• **Pastre, Thomas**
69300 Caluire et Cuire (FR)

(30) Priorité: **07.12.2010 FR 1060192**

(74) Mandataire: **Gevers France**
23bis, rue de Turin
75008 Paris (FR)

(71) Demandeur: **AIRBUS OPERATIONS (SAS)**
31060 Toulouse (FR)

(54) **Procédé et dispositif pour aider à l'évaluation visuelle d'une trajectoire de vol destinée à être suivie par un aéronef dans un environnement contraint**

(57) Le dispositif comporte des moyens pour déterminer et afficher une zone (ZL) libre de tout obstacle (O1,

02) autour d'une trajectoire de vol (TV), cette zone libre (ZL) illustrant la marge de manoeuvre possible de l'aéronef sur l'intégralité de la trajectoire de vol (TV).

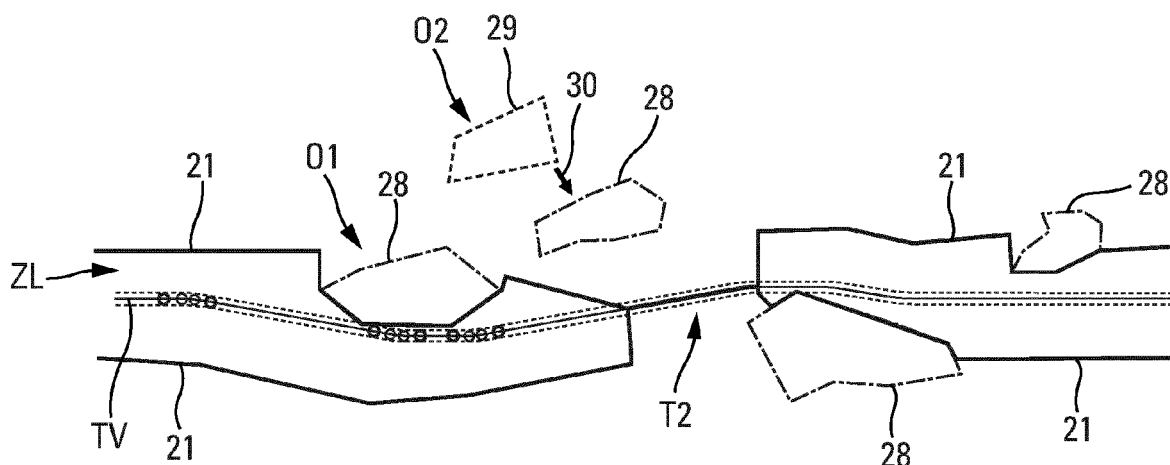


Fig. 8

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour aider à l'évaluation d'une trajectoire de vol destinée à être suivie par un aéronef, en particulier un avion de transport, dans un environnement contraint.

[0002] Dans le cadre de la présente invention, on entend par environnement contraint, un environnement (ou zone de l'espace de forme et de taille données) qui est défini autour de la position de l'aéronef et qui est susceptible de contenir des objets (ou obstacles), avec lesquels l'aéronef doit éviter d'entrer en collision, notamment pour des raisons évidentes de sécurité ou simplement pour des raisons de confort du vol, ces objets pouvant être des objets fixes tels que des montagnes ou des collines ou bien des objets mobiles (ou dynamiques) tels que des zones de perturbations météorologiques, notamment des zones orageuses, ou d'autres aéronefs.

[0003] La présente invention s'applique à tout type de trajectoire de vol qui est destinée à être suivie par un aéronef. Il peut s'agir, en particulier, d'une trajectoire de vol transmise par le système de gestion de vol de l'aéronef ou par un autre système usuel capable de fournir une prédiction de la géométrie de la trajectoire future. Il peut également s'agir d'un plan de vol déposé ou d'une trajectoire générée pendant la phase de vol.

[0004] La présente invention a pour objet de permettre aux pilotes de l'aéronef d'évaluer la validité de la trajectoire de vol considérée dans un environnement dynamique (avec une zone orageuse ou d'autres avions évoluant dans le même espace par exemple) dans le but, notamment, de soutenir l'équipage dans sa prise de décision à bord dans un tel environnement contraint.

[0005] Actuellement, il n'existe pas d'outil de soutien ou d'aide à l'évaluation de trajectoire dans les postes de pilotage des aéronefs. En particulier, un écran de navigation usuel, de type ND (« Navigation Display » en anglais), affiche le plan de vol courant, mais n'apporte aucune information concernant par exemple des marges associées à ce plan de vol.

[0006] La présente invention a pour objet de remédier à ces inconvénients. Elle concerne un procédé pour aider l'équipage d'un aéronef, en particulier d'un avion de transport, à évaluer une trajectoire de vol quelconque qui est destinée à être suivie par cet aéronef dans un environnement contraint, c'est-à-dire dans un environnement susceptible de contenir des obstacles fixes et mobiles.

[0007] Selon l'invention, ledit procédé est remarquable en ce que :

A/ on prend en compte au moins une première base de données contenant des obstacles mobiles et au moins une seconde base de données contenant des obstacles fixes, relatives au moins à l'environnement de l'aéronef, on détermine automatiquement une pluralité de points successifs de ladite trajectoire de vol, dits points de test, et on met en oeuvre, de façon automatique, les opérations suivantes, et ceci indi-

viduellement pour chacun desdits points de test successifs de ladite trajectoire de vol :

- a) on estime le temps de passage de l'aéronef au point de test considéré ;
- b) on extrapole les positions des obstacles mobiles audit temps de passage, à l'aide de ladite première base de données ; et
- c) on met en oeuvre un test de collision pour vérifier si un vecteur de test, qui est prévu perpendiculairement à un vecteur de déplacement de l'aéronef audit point de test, intercepte, d'une part des obstacles mobiles aux positions extrapolées audit temps de passage, et d'autre part des obstacles fixes de ladite seconde base de données, et on détermine des points critiques de part et d'autre du point de test considéré, qui dépendent du résultat dudit test de collision ;

B/ on relie ensemble, automatiquement, les points critiques ainsi déterminés de manière à former une zone, dite zone libre, autour de ladite trajectoire de vol ; et

C/ on présente automatiquement, sur un écran de visualisation de l'aéronef, ladite trajectoire de vol, ainsi que, associée à cette trajectoire de vol, ladite zone libre qui permet d'aider à l'évaluation de la trajectoire de vol.

[0008] Ainsi, grâce à la présente invention, on fournit un affichage mettant en évidence une zone libre de tout obstacle autour d'une trajectoire de vol qui est définie dans un environnement dynamique. Cette zone libre illustre la marge de manoeuvre possible de l'aéronef sur l'intégralité de la trajectoire de vol. L'affichage de cette zone sur un écran de visualisation du poste de pilotage permet ainsi d'aider l'équipage, et notamment le(s) pilote(s), à réaliser une évaluation très rapide de la complexité du pilotage sur la trajectoire considérée.

[0009] Le procédé conforme à l'invention présente, notamment, les avantages suivants :

- il permet donc de soutenir l'équipage dans sa prise de décision à bord. La capacité d'extrapolation du pilote ne lui permet pas nécessairement d'évaluer si la trajectoire de vol suivie est libre de collision avec un obstacle dynamique (par exemple une cellule orageuse) en mouvement dans un horizon tactique. La présente invention analyse les évolutions potentielles de l'environnement et présente, à l'aide d'un affichage simple, les informations permettant d'évaluer la validité de la trajectoire ; et
- en plus d'analyser si la trajectoire traverse une zone jugée à risques, le procédé conforme à l'invention fournit une zone de liberté (zone libre) sur l'intégralité de la trajectoire, qui représente la marge de manoeuvre de l'aéronef. L'affichage de cette zone sur un écran de visualisation permet à l'équipage de réali-

ser rapidement une évaluation des caractéristiques et des risques du pilotage le long de la trajectoire considérée.

[0010] La présente invention fournit donc un seul affichage qui représente l'intégralité des évolutions de l'environnement par rapport à la trajectoire de vol dans une fenêtre de temps donnée.

[0011] Dans le cadre de la présente invention, on peut mettre en oeuvre ledit test de collision, et plus généralement l'invention, dans un plan horizontal (latéral) ou dans un plan vertical. Toutefois, dans un mode de réalisation préféré, on met en oeuvre l'invention simultanément dans les plans horizontal et vertical de manière à déterminer et fournir une zone libre qui est définie dans tout l'espace autour de la trajectoire de vol considérée.

[0012] Par ailleurs, avantageusement, si une partie de la trajectoire de vol traverse un obstacle quelconque (fixe ou mobile) d'une desdites première et seconde bases de données, on met cette situation en évidence sur l'affichage réalisé à l'étape C/, en particulier par une absence de zone libre et par une surbrillance de la partie de trajectoire impactée.

[0013] En outre, de façon avantageuse :

- à l'étape A/, on détermine automatiquement, comme points de test, des points successifs le long de la trajectoire de vol, qui sont séparés les uns des autres, à chaque fois, d'une distance constante ; et/ou
- à l'étape A/a), on estime le temps de passage au point de test considéré, en fonction du temps de passage estimé au point de test précédent et d'une vitesse estimée de l'aéronef.

[0014] Pour la mise en oeuvre de la présente invention, on utilise une ou plusieurs premières base de données contenant des obstacles mobiles (ou dynamiques). En particulier, avantageusement, à l'étape A/ :

- on prend en compte une première base de données qui contient des obstacles mobiles représentant des zones de perturbations météorologiques. Dans ce cas, à l'étape A/b), on extrapole la position de chacun desdits obstacles mobiles audit temps de passage, en tenant compte de points déterminants qui définissent les limites des zones de perturbations météorologiques et de vecteurs vitesse du vent qui illustrent le déplacement du vent auxdits points déterminants, ces points déterminants et ces vecteurs vitesse étant issus de ladite première base de données ; et/ou
- on prend en compte une première base de données qui contient des obstacles mobiles représentant des aéronefs environnants. Dans ce cas, à l'étape A/b), on extrapole la position de chacun desdits obstacles mobiles audit temps de passage, en tenant compte d'informations relatives au vol desdits aéronefs en-

vironnants, notamment des plans de vol, qui sont issues de ladite première base de données. Pour mettre en oeuvre cette extrapolation, on peut également utiliser d'autres informations, comme précisé ci-dessous.

[0015] Par ailleurs, avantageusement, à l'étape A/c) :

- on utilise un vecteur de test qui présente une longueur prédéterminée ; et/ou
- on met en oeuvre un test de collision pour les positions extrapolées des obstacles mobiles à deux instants successifs qui correspondent aux temps extrêmes d'une fenêtre temporelle qui est définie par rapport audit temps de passage.

[0016] De plus, de façon avantageuse, à l'étape A/c), lors d'un test de collision :

- si le vecteur de test ne rencontre aucun obstacle, le point critique est situé (et défini) à l'extrémité dudit vecteur de test ; et
- si le vecteur de test rencontre au moins un obstacle, le point critique est situé (et défini) à la position de l'obstacle le plus proche du point de test considéré.

[0017] La présente invention concerne également un dispositif pour aider l'équipage d'un aéronef, en particulier d'un avion de transport, à évaluer une trajectoire de vol quelconque qui est destinée à être suivie par cet aéronef dans un environnement contraint, c'est-à-dire dans un environnement susceptible de contenir des obstacles fixes et mobiles.

[0018] Selon l'invention, ledit dispositif est remarquable en ce qu'il comporte :

- au moins une première base de données contenant des obstacles mobiles, relative au moins à l'environnement dudit aéronef, lesdits obstacles mobiles représentant notamment des zones de perturbations météorologiques et/ou des aéronefs environnants ;
- au moins une seconde base de données contenant des obstacles fixes, relative au moins à l'environnement dudit aéronef ;
- des moyens pour déterminer automatiquement une pluralité de points successifs de ladite trajectoire de vol, dits points de test ;
- des moyens pour estimer le temps de passage de l'aéronef à chacun desdits points de test ;
- des moyens d'extrapolation pour extrapoler les positions des obstacles mobiles audit temps de passage, à l'aide de ladite première base de données ;
- des moyens pour mettre en oeuvre un test de collision dans le but de vérifier si un vecteur de test, qui est prévu perpendiculairement à un vecteur de déplacement de l'aéronef audit point de test, intercepte, d'une part des obstacles mobiles aux positions extrapolées audit temps de passage, et d'autre part

des obstacles fixes de ladite seconde base de données, et pour déterminer des points critiques de part et d'autre du point de test considéré, en fonction du résultat dudit test de collision ; et - des moyens pour présenter automatiquement, sur un écran de visualisation de l'aéronef, ladite trajectoire de vol, ainsi que, associée à cette dernière, une zone libre qui relie ensemble lesdits points critiques et qui permet d'aider à l'évaluation de la trajectoire de vol.

[0019] Le dispositif conforme à l'invention permet de représenter la complexité d'un environnement évolutif (situation dans laquelle la capacité d'extrapolation du pilote n'est pas suffisante pour représenter la liberté spatiale dépendante du temps) par un affichage simple, l'information principale étant la zone de liberté (dite zone libre) qui est associée à la trajectoire de vol en environnement dynamique. Ledit dispositif permet ainsi d'aider l'équipage de l'aéronef dans l'évaluation et la validation de ses trajectoires de vol dans un environnement contraint.

[0020] La présente invention concerne également un aéronef, en particulier un avion de transport, qui est muni d'un dispositif d'aide, tel que celui précité.

[0021] Les figures du dessin annexé feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée. Sur ces figures, des références identiques désignent des éléments semblables.

La figure 1 est le schéma synoptique d'un dispositif conforme à l'invention.

Les figures 2 à 6 sont des graphiques permettant d'expliquer la détermination conforme à l'invention d'une zone libre qui est associée à une trajectoire de vol d'un aéronef.

Les figures 7 et 8 sont des représentations schématiques illustrant des affichages conformes à la présente invention dans deux situations différentes.

[0022] Le dispositif 1 conforme à l'invention et représenté de façon schématique sur la figure 1, a pour objet d'aider l'équipage d'un aéronef (non représenté), en particulier d'un avion de transport, à évaluer une trajectoire de vol TV quelconque qui est destinée à être suivie par cet aéronef dans un environnement contraint. On entend par environnement contraint, un environnement qui est susceptible de contenir des objets ou obstacles O1, O2, avec lesquels l'aéronef doit éviter d'entrer en collision, notamment pour des raisons évidentes de sécurité ou simplement pour des raisons de confort du vol. Ces obstacles peuvent être des obstacles fixes O1 tels que des montagnes ou des collines, ou bien des obstacles mobiles (ou dynamiques) O2 tels que des zones de perturbations météorologiques, notamment des zones orageuses, ou d'autres aéronefs.

[0023] Selon l'invention, ledit dispositif 1 qui est embarqué sur l'aéronef comporte, comme représenté sur la figure 1 :

- un ensemble 2 de sources d'informations, pour transmettre des données, et notamment la trajectoire de vol TV considérée ;
- au moins une première base de données 3, 4 contenant des obstacles mobiles O2 situés dans l'environnement de la trajectoire de vol TV, et de préférence une base de données 3 contenant des informations sur des obstacles mobiles O2 qui représentent des zones de perturbations météorologiques et une base de données 4 contenant des informations sur des obstacles mobiles O2 qui représentent des aéronefs environnants ;
- au moins une seconde base de données 5 contenant des obstacles fixes O1 situés dans l'environnement de la trajectoire de vol TV ;
- une unité de traitement 6 qui est reliée par l'intermédiaire de liaisons 7 à 10 respectivement auxdits éléments 2 à 5 et qui est formée de manière à déterminer, notamment, une zone libre ZL qui permet d'aider à l'évaluation de la trajectoire de vol TV, comme précisé ci-dessous ; et
- des moyens 12 qui sont reliés par l'intermédiaire d'une liaison 13 à ladite unité de traitement 6 et qui sont formés de manière à présenter automatiquement, sur un écran de visualisation 14 du poste de pilotage de l'aéronef, ladite trajectoire de vol TV, ainsi que, associée à cette trajectoire de vol TV, ladite zone libre ZL.

[0024] De plus, selon l'invention, ladite unité de traitement 6 comporte :

- des moyens 15 pour déterminer automatiquement une pluralité de points successifs de ladite trajectoire de vol TV, dits points de test Pt ;
- des moyens 16 pour estimer le temps de passage de l'aéronef à chacun desdits points de test Pt ;
- des moyens d'extrapolation 17 pour extrapoler les positions des obstacles mobiles O2 audit temps de passage, à l'aide des bases de données 3 et 4 ;
- des moyens 18 pour mettre en oeuvre un test de collision dans le but de vérifier si un vecteur de test 22, qui est prévu perpendiculairement à un vecteur de déplacement 20 de l'aéronef audit point de test Pt, intercepte, d'une part des obstacles mobiles O2 aux positions extrapolées audit temps de passage, et d'autre part des obstacles fixes O1 de ladite base de données 5, et pour déterminer des points critiques Pc de part et d'autre du point de test Pt considéré, en fonction du résultat dudit test de collision ; et
- des moyens 19 pour relier ensemble les points critiques Pc ainsi déterminés de manière à former les limites (ou pourtour) 21 de ladite zone libre ZL.

[0025] Ainsi, le dispositif 1 conforme à l'invention fournit un affichage (figures 7 et 8) mettant en évidence une zone ZL qui est libre de tout obstacle autour d'une trajectoire de vol TV qui est définie dans un environnement

dynamique. Cette zone libre ZL illustre la marge de manoeuvre possible de l'aéronef sur l'intégralité de la trajectoire de vol TV. L'affichage de cette zone ZL sur un écran de visualisation 14 du poste de pilotage permet ainsi d'aider l'équipage, et notamment le(s) pilote(s), à réaliser une évaluation très rapide de la complexité du pilotage sur la trajectoire TV considérée.

[0026] Dans le cadre de la présente invention, on peut mettre en oeuvre les opérations précitées, dans un plan horizontal ou dans un plan vertical. Toutefois, dans un mode de réalisation préféré, on met en oeuvre l'invention simultanément dans les plans horizontal et vertical de manière à déterminer et fournir une zone libre ZL qui est définie dans tout l'espace autour de la trajectoire de vol TV considérée.

[0027] Comme précisé ci-dessous, l'unité de traitement 6 procède de manière itérative. Elle fournit un nombre de positions distinctes (points de test Pt) sur la trajectoire TV en fonction d'une incrémentation prédéfinie. Pour chacune de ces positions, elle fournit une estimée du temps de passage, basée sur les prédictions faites par un système de gestion de vol faisant, par exemple, partie de l'ensemble 2. Elle génère ensuite une représentation de l'environnement au temps estimé, cette représentation étant utilisée comme référence pour mesurer les distances critiques par rapport aux obstacles O1 O2. L'affichage de tous les points critiques Pc pour chacune des positions (points de test Pt) sur la trajectoire TV permet la représentation, en un seul affichage, des évolutions potentielles de l'environnement par rapport à la trajectoire inscrite dans une fenêtre temporelle.

[0028] Une description détaillée des caractéristiques de la présente invention est réalisée ci-après pour le plan latéral (horizontal), la mise en oeuvre étant similaire pour le plan vertical.

[0029] L'unité de traitement 6 se base donc sur des informations de référence issues des sources d'informations suivantes :

- la base 5 de données du terrain, représentant des contraintes fixes ;
- la base 3 de données météo. Ces informations peuvent être issues de la surveillance météo à bord ou être reçues par l'intermédiaire d'une liaison usuelle de transmission de données ;
- la base 4 de données relatives aux aéronefs environnants, qui contient les plans de vol et les prédictions des aéronefs identifiés dans un périmètre donné ; et
- l'ensemble 2 qui fournit notamment la trajectoire de vol TV courante, suivie par l'aéronef (à bord duquel est installé le dispositif 1).

[0030] Ledit dispositif 1 se réfère donc à deux types de bases de données, traitées séparément :

- une base 5 de données fixes, représentant des obstacles O1 dont la position n'évolue pas pendant le

vol ; et

- des bases 3 et 4 de données dynamiques, représentant l'intégralité des obstacles O2 en déplacement que l'opérateur souhaite prendre en compte dans son évaluation.

[0031] La base 5 d'obstacles fixes contient des discrétisations des obstacles O1. La représentation est une projection au sol, polygonale, associée à une hauteur limite.

[0032] Les bases dynamiques 3, 4 intègrent, quant à elles, des informations supplémentaires concernant l'évolution des zones.

[0033] Pour les zones orageuses Z1, les informations sont produites par une analyse de l'évolution récente des zones (analyse de la surveillance météo ou de données transmises par liaison de transmission de données par exemple). Cette analyse produit, pour chaque point de construction A1 à A6 (appelé point déterminant) de la surface polygonale S1 (formant l'objet ou obstacle mobile O2), un vecteur de déplacement moyen mesuré V1 à V6, comme représenté sur la figure 2. Sur cette figure 2, on a également mis en évidence un vecteur vitesse V0 du vent.

[0034] Concernant les aéronefs en conflit potentiel avec la trajectoire TV considérée (base de données 4), ils sont associés, à chaque fois, à un plan de vol, un profil de vitesse et une largeur de zone de danger autour de l'aéronef.

[0035] Par ailleurs, lesdits moyens 15 déterminent automatiquement, comme points de test Pt, des points successifs le long de la trajectoire de vol TV, qui sont séparés les uns des autres, à chaque fois, d'une distance D constante, comme représenté sur la figure 3. Cette distance D peut être prédéterminée, ou bien être choisie et entrée dans le dispositif 1 par un opérateur à l'aide de moyens appropriés faisant partie de l'ensemble 2.

[0036] En outre, les moyens 16 estiment le temps de passage à chaque point de test Pt considéré. La prédiction se fait sur une interpolation entre les points de test Pt fournis par le système de gestion de vol. Le temps généré est produit par rapport à un temps courant t0 à la position courante P0 de l'aéronef. Le point de test P1 suivant est donc situé à une distance D de P0 et est identifié par un temps de passage t0+x.

[0037] Par ailleurs, lesdits moyens d'extrapolation 17 extrapolent les positions de chacun des obstacles mobiles O2 (aéronefs sur plan de vol, cellules orageuses sur vecteurs analysé ...). L'extrapolation est réalisée sur une fenêtre de tolérance qui vise à palier les imprécisions au niveau des prédictions. Cette fenêtre de tolérance peut être prédéterminée, ou bien être choisie et entrée dans le dispositif 1 par un opérateur à l'aide de moyens appropriés faisant partie de l'ensemble 2.

[0038] Pour chacun des points de test Pt, lesdits moyens d'extrapolation 17 analysent le temps de passage prédit qui lui est associé. Ils procèdent ensuite à une extrapolation de position basée sur les vecteurs de dé-

placement V1 à V6 stockés dans la base de données 3, 4 associée. Chacun des obstacles mobiles 02 est déplacé ainsi pour chacun des points de test Pt.

[0039] Comme indiqué précédemment, pour la mise en oeuvre de la présente invention, on peut utiliser une ou plusieurs base de données contenant des obstacles mobiles 02 (ou dynamiques). En particulier :

- pour la base de données 3 qui contient des obstacles mobiles 02 représentant des zones de perturbations météorologiques, lesdits moyens d'extrapolation 17 extrapolent la position de chacun desdits obstacles mobiles 02 audit temps de passage, en tenant compte des points déterminants A1 à A6 qui définissent les limites des zones de perturbations météorologiques et des vecteurs V1 à V6 qui illustrent le déplacement du vent auxdits points déterminants A1 à A6, ces points déterminants A1 à A6 et ces vecteurs vitesse V1 à V6 étant contenus dans ladite base de données 3 ; et/ou
- pour la base de données 4 qui contient des obstacles mobiles 02 représentant des aéronefs environnants, lesdits moyens d'extrapolation 17 extrapolent la position de chacun desdits obstacles mobiles 02 audit temps de passage, en tenant compte d'informations relatives au vol desdits aéronefs environnants, notamment les plans de vol, qui sont issues de ladite base de données 4. Pour mettre en oeuvre cette extrapolation, on peut également utiliser d'autres informations, par exemple des estimations des trajectoires desdits aéronefs environnants en fonction notamment de leur cap courant et de leur vitesse courante.

[0040] Par ailleurs, pour mettre en oeuvre des tests de collision, les moyens 18 utilisent un vecteur de test de collision 22 présentant une longueur qui est prédéterminée, par exemple 6 milles nautiques, ou qui est choisie par le pilote à l'aide de moyens appropriés faisant par exemple partie de l'ensemble 2. Pour chacun des points de test Pt, ils tracent des vecteurs de test de collision 22 perpendiculairement au vecteur de déplacement 20 de l'aéronef, de part et d'autre du point de test Pt considéré. De plus, ils mettent en oeuvre un test de collision pour les positions extrapolées des obstacles mobiles 02 à deux instants successifs TiA et TiB qui correspondent aux temps extrêmes (Ti-F, Ti+F) d'une fenêtre temporelle FT qui est définie par rapport audit temps de passage Ti. Comme le montre la frise chronologique représentée sur la figure 4, la définition de cette fenêtre FT, par la prise en compte d'une durée F autour du temps de passage Ti, permet d'identifier trois positions déterminantes (successives selon le temps t), respectivement auxdits temps Ti-F, Ti et Ti+F. La durée F représente un multiple d'un pas P. Dans un mode de réalisation particulier, cette fenêtre temporelle FT peut être nulle.

[0041] Ainsi à titre d'illustration :

- dans l'exemple de la figure 5, le test de collision qui est réalisé pour un obstacle mobile 02 à un point de test Pt situé à un point P3 (avec un temps de passage T3), est mis en oeuvre par rapport aux deux positions extrapolées 23 et 24 de cet obstacle mobile 02 respectivement aux temps T3-F et T3 + F ; et
- dans l'exemple de la figure 6, le test de collision qui est réalisé pour un obstacle mobile 02 à un point de test Pt situé à un point P4 (avec un temps de passage T4), est mis en oeuvre par rapport aux deux positions extrapolées 25 et 26 de cet obstacle mobile 02 respectivement aux temps T4-F et T4 + F.

[0042] De plus, lors d'un tel test de collision :

- si le vecteur de test 22 rencontre au moins un obstacle 23, 24, le point critique Pc est défini à la position de l'obstacle 23 le plus proche du point de test Pt considéré, comme représenté sur l'exemple de la figure 5 ; et
- si le vecteur de test 22 ne rencontre aucun obstacle, le point critique Pc est défini à l'extrémité dudit vecteur de test 22, comme représenté sur l'exemple de la figure 6.

[0043] Le vecteur de test (ou d'interception) 22 est contraint par une longueur limite imposée, par exemple, par un opérateur. Cette longueur est associée à une marge de couverture maximale. Si le vecteur de test 22 ne rencontre pas d'obstacles à l'intérieur de cette marge, le point critique Pc est donc défini en fonction de la taille limite. En revanche, si un point se trouve à l'intérieur d'une cellule dangereuse, ce point est identifié comme critique. Un point critique Pc est traité spécialement lors de l'affichage pour mettre en avant le risque associé à la trajectoire TV.

[0044] Le tracé selon les points critiques Pc, de part et d'autre de la trajectoire de référence TV, définit les limites 21 de la zone libre ZL dynamique, comme représenté sur les figures 7 et 8.

[0045] Sur ces figures 7 et 8 :

- les tracés 21 en trait continu épais définissent donc, de part et d'autre de la trajectoire de vol TV, la zone libre ZL ;
- le tracé TV en trait continu fin définit la trajectoire de vol considérée ;
- les tracés 28 en traits mixtes définissent les obstacles fixes O1 ; et
- les tracés 29 avec des tirets définissent les obstacles mobiles O1, en particulier des zones orageuses qui vont évoluer.

[0046] Par ailleurs, si une partie T2 de la trajectoire de vol TV traverse un obstacle quelconque (fixe ou mobile), on met cette situation en évidence sur l'affichage, en particulier par une absence de zone libre (tracé 21) et par une surbrillance de la partie de trajectoire T2 impactée

(illustrée par un trait épais sur la figure 8). Sur la figure 8, la traversée d'un obstacle mobile 29 (dont on a représenté le vecteur de déplacement 30 pour illustrer son mouvement) est ainsi mis en évidence par les caractéristiques précitées.

[0047] Le dispositif 1 conforme à l'invention présente donc, notamment, les avantages suivants :

- il permet de soutenir l'équipage dans sa prise de décision à bord. La capacité d'extrapolation du pilote ne lui permet pas nécessairement d'évaluer si la trajectoire de vol TV suivie est libre de collision avec un obstacle dynamique 02 (par exemple une cellule orageuse) en mouvement dans un horizon tactique. La présente invention analyse les évolutions potentielles de l'environnement et présente, à l'aide d'un affichage simple, les informations permettant d'évaluer la validité de la trajectoire TV ; et
- en plus d'analyser si la trajectoire TV traverse une zone jugée à risques, le dispositif 1 conforme à l'invention fournit une zone de liberté (zone libre ZL) sur l'intégralité de la trajectoire TV, qui représente la marge de manoeuvre de l'aéronef. L'affichage de cette zone ZL sur l'écran de visualisation 14 permet à l'équipage de réaliser rapidement une évaluation des caractéristiques et des risques du pilotage le long de la trajectoire TV.

[0048] La présente invention fournit donc un seul affichage qui représente l'intégralité des évolutions de l'environnement par rapport à la trajectoire de vol TV dans une fenêtre de temps donnée.

Revendications

1. Procédé pour aider à l'évaluation d'une trajectoire de vol (TV) destinée à être suivie par un aéronef dans un environnement contraint :

caractérisé en ce que :

A/ on prend en compte au moins une première base de données (3, 4) contenant des obstacles mobiles (02) et au moins une seconde base de données (5) contenant des obstacles fixes (01), relatives au moins à l'environnement de l'aéronef, on détermine automatiquement une pluralité de points successifs de ladite trajectoire de vol, dits points de test (Pt), et on met en oeuvre, de façon automatique, les opérations suivantes, et ceci individuellement pour chacun desdits points de test (Pt) successifs de ladite trajectoire de vol (TV) :

a) on estime le temps de passage de l'aéronef au point de test (Pt)

considéré ;

b) on extrapole les positions des obstacles mobiles (02) audit temps de passage, à l'aide de ladite première base de données (3, 4) ; et

c) on met en oeuvre au moins un test de collision pour vérifier si un vecteur de test (22), qui est prévu perpendiculairement à un vecteur de déplacement (20) de l'aéronef audit point de test (Pt), intercepte, d'une part des obstacles mobiles (02) aux positions extrapolées audit temps de passage, et d'autre part des obstacles fixes (01) de ladite seconde base de données (5), et on détermine des points critiques (Pc) de part et d'autre du point de test (Pt) considéré, qui dépendent du résultat dudit test de collision ;

B/ on relie ensemble, automatiquement, les points critiques (Pc) ainsi déterminés de manière à former une zone, dite zone libre (ZL), autour de ladite trajectoire de vol (TV) ; et

C/ on présente automatiquement, sur un écran de visualisation (14) de l'aéronef, ladite trajectoire de vol (TV), ainsi que, associée à cette dernière, ladite zone libre (ZL) qui permet d'aider à l'évaluation de la trajectoire de vol (TV).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**à l'étape A/, on détermine automatiquement, comme points de test (Pt), des points successifs le long de la trajectoire de vol (TV), qui sont séparés les uns des autres, à chaque fois, d'une distance (D) constante.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce qu'**à l'étape A/a), on estime le temps de passage au point de test considéré (Pt), en fonction du temps de passage estimé au point de test précédent et d'une vitesse estimée de l'aéronef.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**à l'étape A/, on prend en compte une première base de données (3) qui contient des obstacles mobiles (02) représentant des zones de perturbations météorologiques, et **en ce qu'**à l'étape A/b), on extrapole la position de chacun desdits obstacles mobiles (02) audit temps de passage, en tenant compte de points déterminants (A1 à A6) qui définissent des limites des zones de perturbations météorologiques et de vecteurs vitesse du vent (V1 à V6) qui illustrent le déplacement du vent auxdits points déterminants (A1 à A6), ces points déterminants (A1 à A6) et ces vecteurs vitesse

(V1 à V6) étant issus de ladite première base de données (3).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**à l'étape A/, on prend en compte une première base de données (4) qui contient des obstacles mobiles (02) représentant des aéronefs environnants, et **en ce qu'**à l'étape A/b), on extrapole la position de chacun desdits obstacles mobiles (02) audit temps de passage, en tenant compte d'informations relatives au vol desdits aéronefs environnants, qui sont issues de ladite première base de données (4). 5 10
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**à l'étape A/c), on met en oeuvre un test de collision pour les positions extrapolées des obstacles mobiles, à deux instants successifs qui correspondent aux temps extrêmes d'une fenêtre temporelle (TF) qui est définie par rapport audit temps de passage. 15 20
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**à l'étape A/c), ledit vecteur de test (22) présente une longueur prédéterminée. 25
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**à l'étape A/c), lors d'un test de collision : 30
 - si le vecteur de test (22) ne rencontre aucun obstacle, le point critique (Pc) est situé à l'extrémité dudit vecteur de test (22) ; et
 - si le vecteur de test (22) rencontre au moins un obstacle (23, 24), le point critique (Pc) est situé à la position de l'obstacle (23) le plus proche du point de test (P3) considéré. 35
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, si une partie (T2) de la trajectoire de vol (TV) traverse un obstacle quelconque (29) d'une desdites première et seconde bases de données (3, 4, 5), on met cette situation en évidence sur l'affichage réalisé à l'étape C/. 40 45
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on met en oeuvre au moins ledit test de collision dans un plan horizontal. 50
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on met en oeuvre au moins ledit test de collision dans un plan vertical. 55
12. Dispositif pour aider à l'évaluation d'une trajectoire de vol (TV) destinée à être suivie par un aéronef

dans un environnement contraint :

caractérisé en ce qu'il comporte :

- au moins une première base de données (3, 4) contenant des obstacles mobiles (02), relative au moins à l'environnement dudit aéronef ;
- au moins une seconde base de données (5) contenant des obstacles fixes (O1), relative au moins à l'environnement dudit aéronef ;
- des moyens (15) pour déterminer automatiquement une pluralité de points successifs de ladite trajectoire de vol, dits points de test (Pt) ;
- des moyens (16) pour estimer le temps de passage de l'aéronef à chacun desdits points de test (Pt) ;
- des moyens d'extrapolation (17) pour extrapoler les positions des obstacles mobiles (02) audit temps de passage, à l'aide de ladite première base de données (3, 4) ;
- des moyens (18, 19) pour mettre en oeuvre un test de collision dans le but de vérifier si un vecteur de test (22), qui est prévu perpendiculairement à un vecteur de déplacement (20) de l'aéronef audit point de test (Pt), intercepte, d'une part des obstacles mobiles (02) aux positions extrapolées audit temps de passage, et d'autre part des obstacles fixes (O1) de ladite seconde base de données (5), et pour déterminer des points critiques (Pc) de part et d'autre du point de test (Pt) considéré, en fonction du résultat dudit test de collision ; et
- des moyens (12) pour présenter automatiquement, sur un écran de visualisation (14) de l'aéronef, ladite trajectoire de vol (TV), ainsi que, associée à cette dernière, une zone libre (ZL) qui relie ensemble lesdits points critiques (Pc) et qui permet d'aider à l'évaluation de la trajectoire de vol (TV).

13. Dispositif selon la revendication 12, **caractérisé en ce qu'il** comporte une première base de données (3, 4) qui contient des obstacles mobiles (02) représentant des zones de perturbations météorologiques, et **en ce que** lesdits moyens d'extrapolation (17) extrapolent la position de chacun desdits obstacles mobiles (02) audit temps de passage, en tenant compte de points déterminants (A1 à A6) qui définissent des limites des zones de perturbations météorologiques et de vecteurs vitesse du vent (V1 à V6) qui illustrent le déplacement du vent auxdits points déterminants (A1 à A6), ces points déterminants (A1 à A6) et ces vecteurs vitesse (V1

à V6) étant issus de ladite première base de données (3).

14. Dispositif selon l'une des revendications 12 et 13,
caractérisé en ce qu'il comporte une première base 5
de données (4) qui contient des obstacles mobiles
(02) représentant des aéronefs environnants, et **en**
ce que lesdits moyens d'extrapolation (17) extrapo-
lent la position de chacun desdits obstacles mobiles 10
(02) audit temps de passage, en tenant compte d'in-
formations relatives au vol desdits aéronefs environ-
nants, qui sont issues de ladite première base de
données (4).
15. Aéronef, 15
caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif (1)
tel que celui spécifié sous l'une quelconque des re-
vendications 12 à 14.

20

25

30

35

40

45

50

55

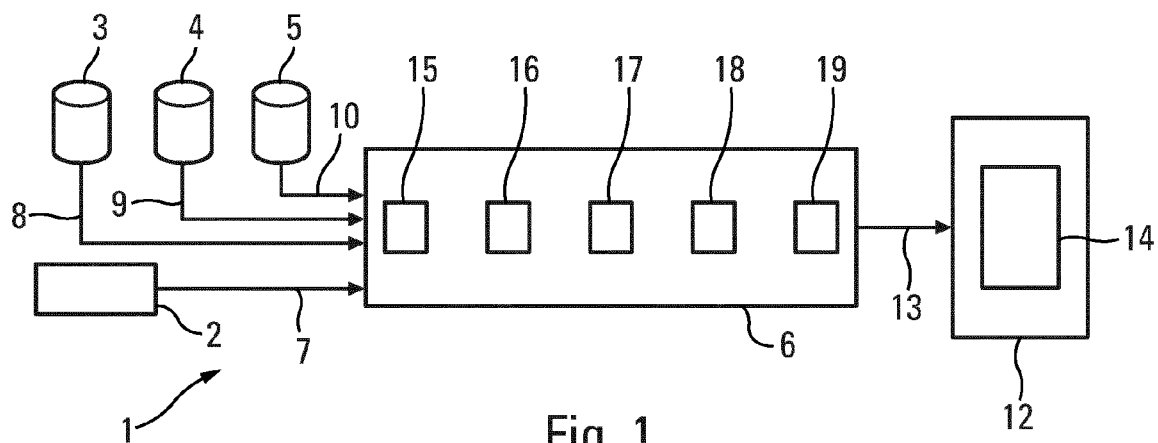


Fig. 1

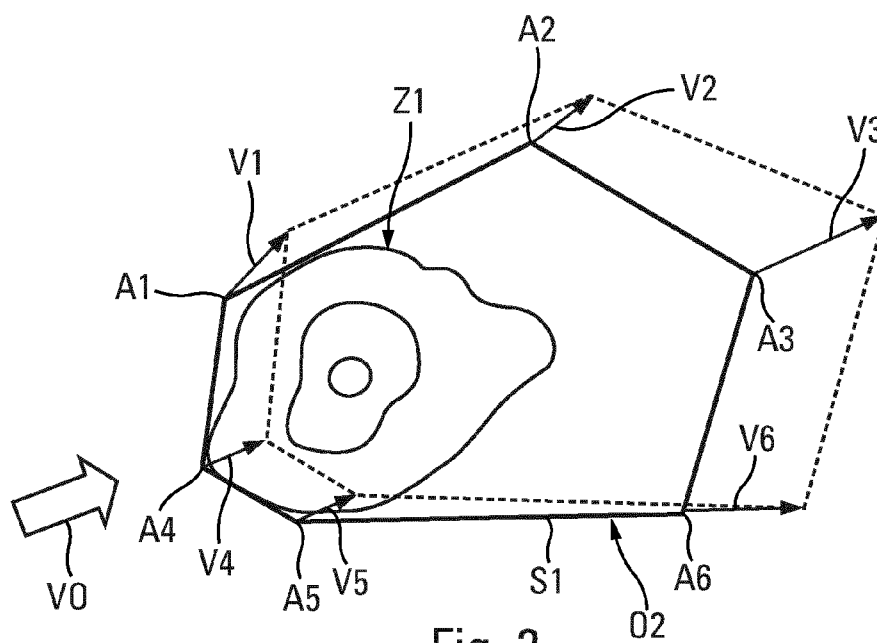


Fig. 2

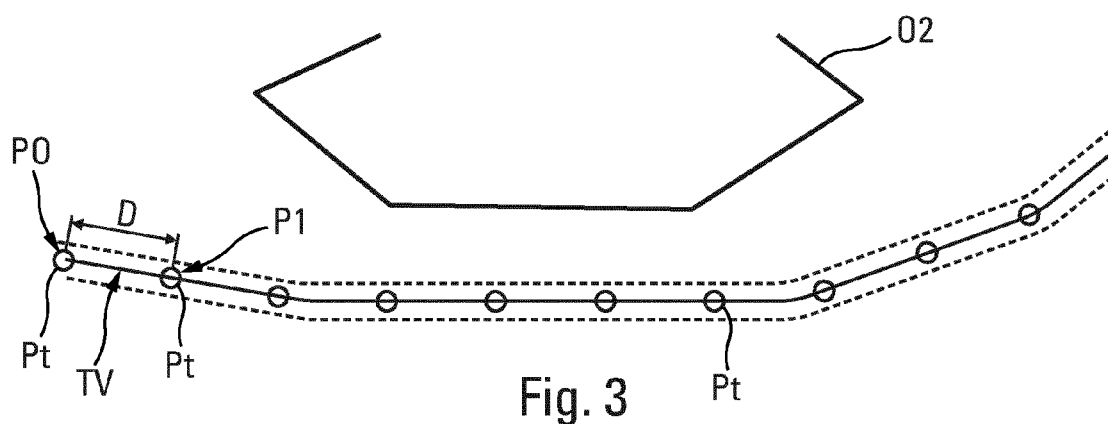


Fig. 3

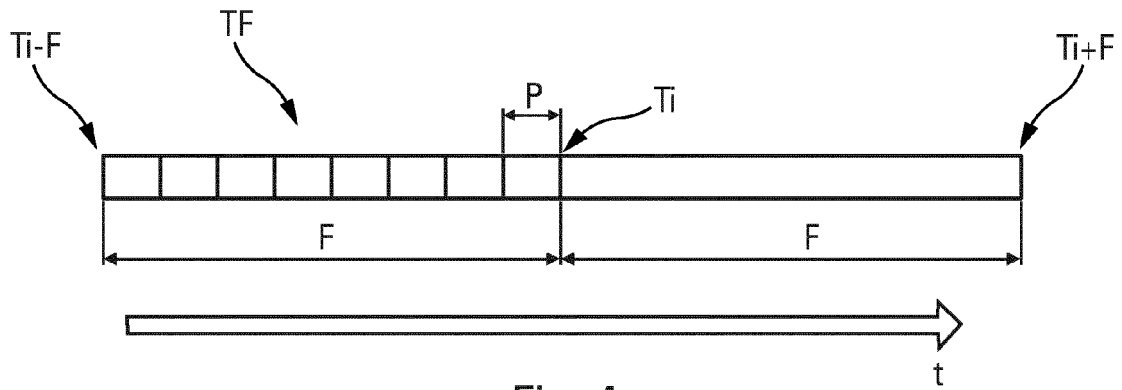


Fig. 4

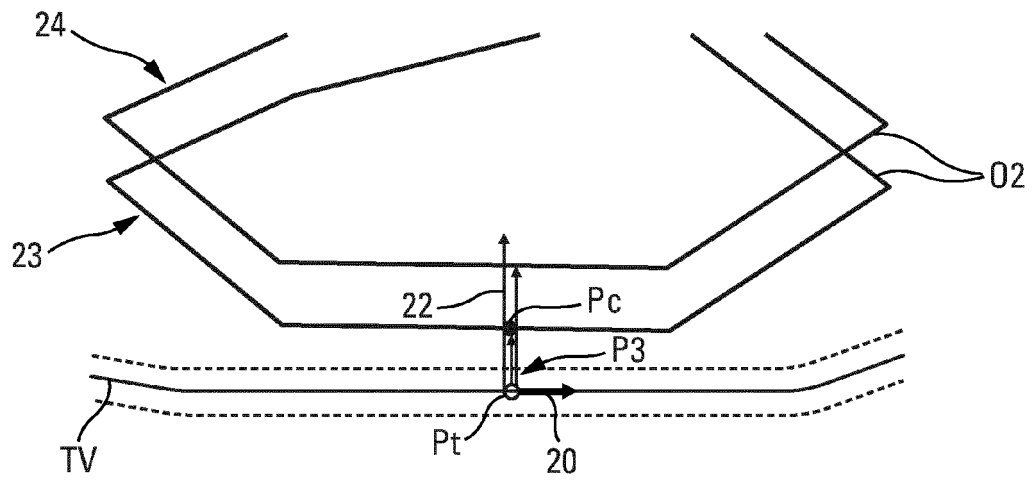


Fig. 5

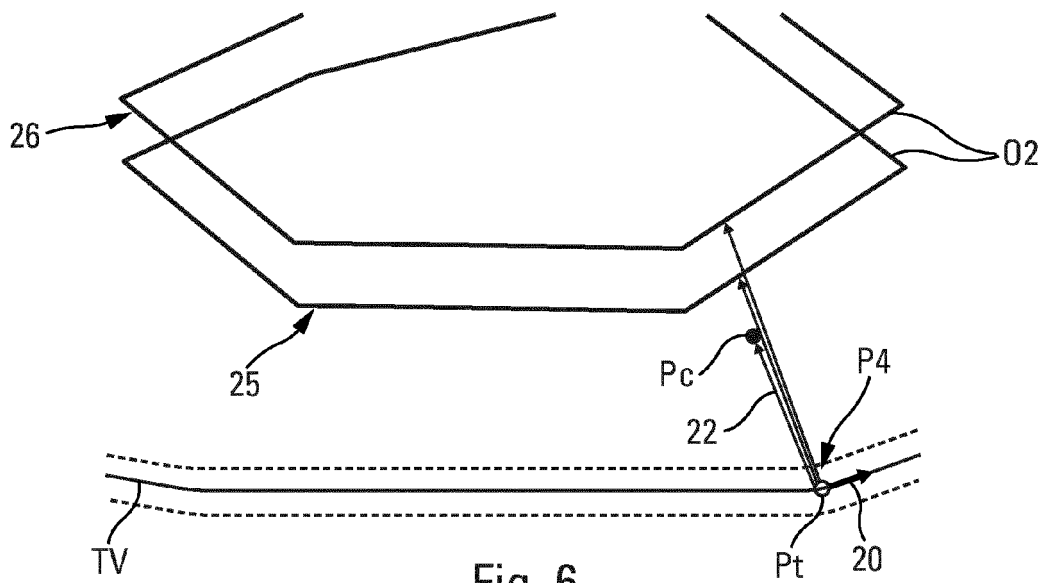


Fig. 6

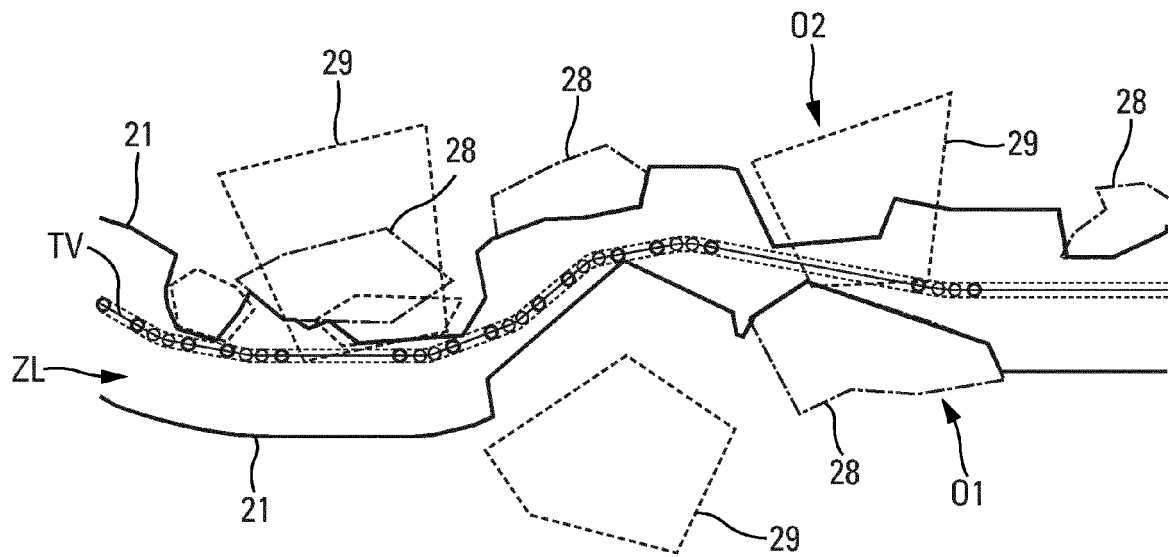


Fig. 7

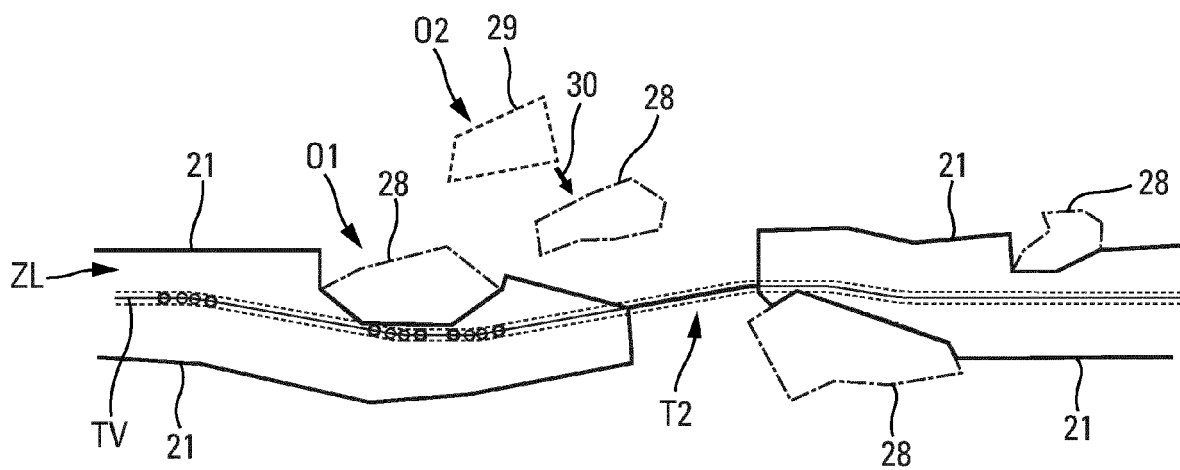


Fig. 8



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 11 19 1208

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	WO 2005/057133 A1 (HONEYWELL INT INC [US]; DWYER DAVID B [US]; NICHOLS TROY A [US]; HILBE) 23 juin 2005 (2005-06-23) * Alinéas [0025], [0026], [0029]-[0031] figures 2-5 *	1-15	INV. G08G5/00
A	FR 2 923 008 A1 (THALES SA [FR]) 1 mai 2009 (2009-05-01) * page 7, ligne 29 - page 10, ligne 25; figures 3-5, 6a, 6b, 6c *	1-15	
A	FR 2 913 800 A1 (THALES SA [FR]) 19 septembre 2008 (2008-09-19) * page 10, ligne 15 - page 12, ligne 20; figures 2a, 2b *	1-15	
A	US 2007/182589 A1 (TRAN MY [US]) 9 août 2007 (2007-08-09) * Alinéas [0077]-[0081] figures 5-7 *	1-15	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G08G
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		19 avril 2012	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 intermédiaire 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 19 1208

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.

19-04-2012

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
WO 2005057133	A1	23-06-2005	EP	1687590 A1		09-08-2006
			US	2005182528 A1		18-08-2005
			US	2009312893 A1		17-12-2009
			US	2009319103 A1		24-12-2009
			WO	2005057133 A1		23-06-2005

FR 2923008	A1	01-05-2009	FR	2923008 A1		01-05-2009
			US	2009109065 A1		30-04-2009

FR 2913800	A1	19-09-2008	FR	2913800 A1		19-09-2008
			US	2008306639 A1		11-12-2008

US 2007182589	A1	09-08-2007	EP	1956342 A1		13-08-2008
			JP	2008217775 A		18-09-2008
			US	2007182589 A1		09-08-2007

EPO FORM P0480

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