

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 570 453 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**19.04.2006 Bulletin 2006/16**

(51) Int Cl.:  
**G08G 5/04<sup>(2006.01)</sup> G05D 1/06<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Numéro de dépôt: **03796073.9**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/EP2003/050921**

(22) Date de dépôt: **02.12.2003**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2004/055752 (01.07.2004 Gazette 2004/27)**

(54) **EQUIPEMENT ANTICOLLISION TERRAIN EMBARQUE A BORD D AERONEF AVEC AIDE AU  
RETOUR EN VOL NORMAL**

EINRICHTUNG ZUR VERMEIDUNG VON BODEN-KOLLISIONEN VON FLUGZEUGEN MIT  
RÜCKKEHR ZUR NORMALEN FLUGBAHN

ANTICOLLISION EQUIPMENT ON BOARD AN AEROPLANE WITH NORMAL FLIGHT REVERSION  
AID

(84) Etats contractants désignés:  
**DE ES FR GB**

(30) Priorité: **13.12.2002 FR 0215841**

(43) Date de publication de la demande:  
**07.09.2005 Bulletin 2005/36**

(73) Titulaire: **Thales**  
**92200 Neuilly Sur Seine (FR)**

(72) Inventeur: **MEUNIER, Hugues,**  
**THALES Intellectual Property**  
**F-94117 ARCUEIL Cedex (FR)**

(74) Mandataire: **Beylot, Jacques**  
**Marks & Clerk France**  
**31-33 Avenue Aristide Briand**  
**94117 Arcueil Cédex (FR)**

(56) Documents cités:  
**EP-A- 0 597 760 EP-A- 0 790 487**  
**WO-A-98/38619 FR-A- 2 773 609**  
**FR-A- 2 813 963 US-A- 5 892 462**  
**US-B1- 6 347 263**

**EP 1 570 453 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

**[0001]** La présente invention concerne la prévention des accidents aéronautiques dans lesquels un aéronef resté manœuvrable s'écrase au sol. Ce type d'accident, qui représente un pourcentage important des catastrophes aériennes civiles du passé, est connu dans la littérature technique sous l'acronyme CFIT tiré de l'expression anglo-saxonne "Controlled Flight Into Terrain".

**[0002]** Pour lutter contre les risques de CFIT divers équipements d'alerte de proximité du sol ont été introduits à bord des aéronefs.

**[0003]** Une première génération d'équipements d'alerte de proximité sol appelés GPWS (acronyme de l'expression anglo-saxonne : Ground Proximity Warning System") surveillent la hauteur de l'aéronef au-dessus du sol mesurée par un radioaltimètre et la confronte :

- soit avec la vitesse verticale de descente de l'aéronef mesurée par un altimètre barométrique et/ou une centrale inertielle, la confrontation se faisant par comparaison simple (mode 1) ou, d'une manière plus sophistiquée, par filtrage non-linéaire (mode 2),
- soit avec une mesure antérieure de la hauteur au-dessus du sol pour signaler une perte anormale d'altitude au cours d'un décollage ou d'une approche manquée (mode 3),
- soit avec la vitesse air de l'aéronef et les positions du train d'atterrissage et des volets (mode 4),
- soit avec l'erreur verticale de présentation de l'aéronef dans le faisceau de guidage d'un ILS (acronyme tiré de l'anglo-saxon : "Instrument Landing System") lors d'un atterrissage (mode 5),
- soit encore avec la position de l'aéronef à proximité d'une piste d'atterrissage (call-out);
- soit avec l'angle de roulis,

pour déclencher une alerte sonore et/ou visuelle dans le cockpit en cas de détection d'un rapprochement dangereux avec le sol.

**[0004]** Malgré, cette première génération d'équipements GPWS le pourcentage d'accidents aéronautiques de type CFIT est resté élevé, essentiellement, pour les raisons suivantes :

- alerte de proximité sol tardive voire manquante due au principe même de la détection des risques de collision avec le sol par une radiosonde regardant sous l'avion et non au devant de l'avion,
- alarme de proximité sol manquante par suite d'une réduction temporaire, par l'équipage, de la sensibilité de l'équipement GPWS en vue de limiter les fausses alarmes (C'est le cas généralement des accidents intervenant au cours d'une approche finale d'un terrain d'atterrissage),
- alerte de proximité sol tardive car les seuils de déclenchement de l'équipement GPWS ont été momentanément relevés toujours pour limiter les faus-

ses alarmes au cours d'une approche finale d'un terrain d'atterrissage,

- alerte de proximité sol dans les temps mais l'équipage a réagi trop tardivement ou n'a pas réagi à cause d'une désensibilisation de l'équipage résultant du taux trop élevé de fausses alertes, principalement dues à une prédiction de risque de collision à chaque fois que du terrain commence à monter sous l'avion de façon dangereuse ou non.

**[0005]** Le besoin d'améliorer ces équipements GPWS d'alerte sol de première génération s'est donc rapidement fait sentir. La voie suivie a été celle d'augmenter les informations prises en compte par les équipements d'alerte sol concernant le terrain situé au-devant et sur les côtés de la trajectoire prévisible à court terme de l'aéronef en profitant de l'avènement des systèmes de positionnement précis tels que les systèmes de positionnement par satellites et des cartes en relief numérisées mémorisables dans des bases de données embarquées.

**[0006]** Pour répondre à ce besoin d'amélioration, il est alors apparu une deuxième génération d'équipements d'alerte de proximité sol appelés TAWS (acronyme tiré de l'expression anglo-saxonne : "Terrain Awareness Warning System) remplissant en plus des fonctions GPWS habituelles, une fonction additionnelle d'alerte prédictive de risques de collision avec le relief et/ou des obstacles au sol dite FLTA (acronyme tiré de l'expression anglo-saxonne « predictive Forward-Looking Terrain collision Awareness and alerting) ou encore GCAS (acronyme tiré de l'expression anglo-saxonne : "Ground Collision Avoidance system") Cette fonction FLTA consiste à fournir, à l'équipage, des pré-alertes et alertes à chaque fois que la trajectoire prévisible à court terme de l'aéronef rencontre le relief et/ou un obstacle au sol afin qu'une manœuvre d'évitement soit engagée.

**[0007]** La trajectoire prévisible à court terme de l'aéronef est fournie par les équipements de navigation de l'aéronef à partir d'une mesure, dans les trois dimensions, de la position instantanée et du vecteur vitesse de l'aéronef donnés par un système de positionnement embarqué, typiquement : récepteur de positionnement par satellites et/ou centrale inertielle. Le relief et/ou les obstacles au sol font l'objet d'une représentation topographique extraite d'une base de données terrain et/ou obstacles, embarquée à bord de l'aéronef ou au sol mais accessible de l'aéronef par ses moyens de radiocommunication.

**[0008]** La fonction FLTA détermine la trajectoire prévisible à court terme de l'aéronef à partir d'informations fournies par les équipements de navigation de l'aéronef, pour délimiter un ou plusieurs volumes de protection autour de la position et de la trajectoire courantes de l'aéronef et engendrer des alarmes de risque de collision avec le relief et/ou des obstacles au sol à chaque intrusion, dans ces volumes de protection, du relief et/ou d'obstacles au sol survolés, modélisés à partir d'une représentation topographique extraite de la base de don-

nées terrain et/ou obstacles.

**[0009]** Un volume de protection lié à l'aéronef est une partie de l'espace dans laquelle l'aéronef est susceptible d'évoluer dans un futur plus ou moins proche. Son importance et sa forme dépendent du délai recherché entre une alarme et la réalisation d'un risque de collision, et, dans une certaine mesure de la manoeuvrabilité de l'aéronef à l'instant considéré, c'est-à-dire des capacités d'évolution de l'aéronef qui sont liées à ses performances, au module et à la direction de sa vitesse air, et à son attitude de vol (vol en ligne droite ou en virage, etc.). Il est défini par ses parois inférieure et frontale et, éventuellement, latérales.

**[0010]** Lorsqu'un risque de collision est détecté par la fonction FLTA, il est habituel d'engendrer, à l'intention de l'équipage de l'aéronef, une pré-alarme suivie d'une alarme.

**[0011]** Dans ce cas, la fonction FLTA fait appel à au moins deux volumes de protection dirigés vers l'avant selon la trajectoire future prédite et vers le dessous de l'aéronef. Un premier volume de protection, le plus distant de l'aéronef, est utilisé pour générer une pré-alarme tandis qu'un deuxième volume de protection plus proche de l'aéronef est utilisé pour générer une alarme.

**[0012]** La pré-alarme a pour but de donner conscience à l'équipage d'un risque à court terme de collision avec le terrain et/ou des obstacles sol afin qu'il en tienne compte dans le pilotage de l'aéronef. Elle est donnée suffisamment à l'avance pour que l'équipage puisse corriger sa trajectoire et se préparer à effectuer une éventuelle manoeuvre d'évitement. Elle consiste par exemple, en un avertissement sonore répétitif de type : "Cautton Terrain" doublé ou non d'une signalisation lumineuse et accompagnée ou non d'une symbolologie spécifique sur un écran de visualisation (zone jaune par exemple) du cockpit.

**[0013]** L'alarme prévient l'équipage d'un risque à très court terme de collision avec le terrain et/ou des obstacles sol en lui conseillant fortement d'effectuer une manoeuvre immédiate d'évitement, en général de type «pull-up». C'est par exemple un avertissement sonore répétitif de type : " Terrain Terrain, Pull up" pouvant être également doublée d'une signalisation lumineuse et accompagnée ou non d'une symbolologie spécifique sur un écran de visualisation (zone rouge par exemple) du cockpit. Quand une manoeuvre de type « Pull-up » n'est pas jugée faisable par le système, une autre alarme peut être émise (par exemple « Avoid Terrain »).

**[0014]** Lorsque le risque à court terme ou très court terme de collision avec le terrain et/ou avec des obstacles au sol ayant motivé une pré-alarme ou une alarme disparaît notamment en raison de l'exécution d'une manoeuvre d'évitement appropriée, la pré-alarme ou l'alarme est levée et les avertissements sonores et/ou lumineux supprimés.

**[0015]** Un tel dispositif fait l'objet des brevets français FR 2 689 668, FR 2 747 492, FR 2 773 609, FR 2 813 963 et des brevets américains correspondants US 5 488

563, US 5 638 282, US 6 088 654.

**[0016]** Souvent, la fonction FLTA est associée un dispositif d'affichage des risques de collision terrain affichant sur un ou des écrans installés à bord une image représentant en deux dimensions une enveloppe du terrain et/ou des obstacles survolés en mettant en évidence les risques de collision, avec leurs importances relatives, que font encourir les différents terrain et/ou obstacles à portée de l'aéronef.

**[0017]** Un tel dispositif de visualisation a fait l'objet du brevet français FR 2 773 609 et du brevet américain US 6 088 654 lui correspondant qui ont déjà étaient cités.

**[0018]** Les équipements anticollision sol actuellement connus, s'ils permettent de détecter les risques de collision sol et de les prévenir par une manoeuvre d'évitement appropriée, ne permettent cependant pas de connaître avec précision l'instant à partir duquel une manoeuvre d'évitement de terrain et/ou d'obstacles au sol entamée de manière appropriée pour traiter un risque de collision avec le terrain et/ou des obstacles au sol, peut être terminée et à partir duquel la reprise d'un vol normal peut être envisagée. En effet, la pré-alarme ou l'alarme s'arrête dès que le risque à court terme ou très court terme de collision avec le terrain et/ou avec des obstacles au sol l'ayant motivé disparaît notamment en raison de l'exécution d'une manoeuvre d'évitement appropriée écartant suffisamment la trajectoire prévue à court terme pour l'aéronef, du terrain et/ou des obstacles au sol survolés, ce qui peut se produire alors que l'aéronef est en montée, sans avoir encore atteint l'altitude de sécurité prévue pour le lieu considéré.

**[0019]** L'affichage cartographique des équipements anticollision sol actuels ne renseigne pas non plus clairement sur l'instant où un risque de collision sol est effectivement résolu sauf s'il utilise comme altitude de référence d'altitude d'affichage une altitude liée à l'altitude instantanée de l'aéronef.

**[0020]** Comme il ne reçoit pas de signal de fin de manoeuvre d'évitement de la part de l'équipement d'alerte de risques de collision de terrain et/ou d'obstacles au sol, l'équipage d'un aéronef attend d'être nettement au-dessus de l'altitude de sécurité fixée pour la zone survolée pour mettre fin à une manoeuvre d'évitement de terrain et/ou d'obstacles au sol, ce qui concourt à prolonger le temps de vol.

**[0021]** La présente invention a pour but de pallier l'inconvénient précité en donnant à l'équipage une indication claire de l'instant à partir duquel le conflit de terrain peut être considéré comme résolu et la manoeuvre d'évitement peut être terminée, cela par le moyen d'annonces appropriées, aurales et/ou visuelles et/ou par une visualisation appropriée sur un ou plusieurs écran de bord donnant une représentation du terrain et/ou des obstacles survolés.

**[0022]** La présente invention a pour objet un équipement anticollision terrain embarqué à bord d'aéronef, comportant des moyens de détermination d'au moins une enveloppe virtuelle de protection d'évolution de l'aé-

ronef construite autour de la trajectoire de l'aéronef prédite à court terme et délimitant un volume de protection autour de la position et de la trajectoire courantes de l'aéronef, des moyens de détection des intrusions, dans la ou lesdites enveloppes virtuelles de protection d'évolution, d'une représentation d'une enveloppe du terrain et/ou des obstacles au sol survolés mémorisée dans une base de données embarquée ou au sol, et des moyens d'alarme déclenchés par les moyens de détection d'intrusion. Cet équipement anticollision terrain est remarquable en ce que, après détection d'un risque de collision sol, ses moyens de détermination d'enveloppes virtuelles de protection fournissent, en plus des enveloppes virtuelles de protection d'évolution, au moins une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route, construite autour d'une trajectoire fictive de reprise de route, en ce que ses moyens de détection d'intrusion détectent les intrusions du terrain et/ou des obstacles sol à la fois dans la ou les enveloppes virtuelles de protection d'évolution et dans la ou les enveloppes virtuelles de protection de reprise de route et en ce que ses moyens d'alarmes engendrent une indication signalant la possibilité de mettre fin à une manoeuvre d'évitement dès que les moyens de détection d'intrusion ne constatent plus d'intrusion du terrain et/ou des obstacles au sol dans la ou les enveloppes virtuelles de protection de reprise de route.

**[0023]** Avantageusement, la trajectoire fictive de reprise de route est une trajectoire horizontale.

**[0024]** Avantageusement, la trajectoire fictive de reprise de route est une trajectoire ayant pour pente, une pente horizontale si la trajectoire instantanée de l'aéronef est en montée ou en palier, et une pente fonction de la trajectoire instantanée de l'aéronef si l'aéronef est en descente.

**[0025]** Avantageusement, la trajectoire fictive de reprise de route est une trajectoire ayant pour pente, une pente fonction de la trajectoire instantanée de l'aéronef.

**[0026]** Avantageusement, la trajectoire fictive de reprise de route est une trajectoire ayant pour pente, une pente fonction de la trajectoire de l'aéronef au moment de la détection du risque de collision terrain.

**[0027]** Avantageusement, la trajectoire fictive de reprise de route est une trajectoire ayant pour pente, une pente fonction de la trajectoire de l'aéronef au moment de la détection du risque de collision terrain, si celui-ci était en descente, et une trajectoire horizontale si celui-ci était en vol horizontal ou en montée au moment de la détection du risque de collision terrain.

**[0028]** Avantageusement, la trajectoire fictive de reprise de route est une trajectoire ayant pour cap, le cap instantané de l'aéronef.

**[0029]** Avantageusement, la trajectoire fictive de reprise de route est une trajectoire ayant pour cap et pente; ceux de la trajectoire de l'aéronef au moment de la détection du risque de collision terrain.

**[0030]** Avantageusement, les limites de la ou des enveloppes virtuelles de protection sont définies par une surface dite palpeur dont la rencontre avec la représen-

tation d'une enveloppe du terrain et/ou des obstacles au sol extraite des informations de la base de données est assimilée à une intrusion du terrain et/ou des obstacles au sol dans l'enveloppe virtuelle de protection correspondante.

**[0031]** Avantageusement, quelle que soit l'attitude instantanée de l'aéronef (montée, vol en palier, descente), la projection à l'horizontale d'un palpeur d'enveloppe virtuelle de protection d'évolution est adoptée comme palpeur d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.

**[0032]** Avantageusement, lorsque l'attitude instantanée de l'aéronef est une montée ou un vol en palier, la projection à l'horizontale d'un palpeur d'enveloppe virtuelle de protection d'évolution est adoptée comme palpeur d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.

**[0033]** Avantageusement, lorsque l'attitude instantanée de l'aéronef est une descente, la projection selon un plan incliné fonction de la pente de descente instantanée de l'aéronef d'un palpeur d'enveloppe virtuelle de protection d'évolution est adoptée comme palpeur d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.

**[0034]** Avantageusement, lorsque l'attitude instantanée de l'aéronef est une descente, la projection, selon un plan incliné fonction de la pente de descente instantanée de l'aéronef, d'un palpeur d'enveloppe virtuelle de protection d'évolution pendant une certaine distance ou temps de vol puis, selon l'horizontale, est adoptée comme palpeur d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.

**[0035]** Avantageusement, lorsque l'équipement anticollision terrain est pourvu d'un écran de visualisation affichant une représentation des couches de terrain et/ou des risques de collision avec le terrain et/ou les obstacles survolés, la projection, selon deux plans, adoptée comme palpeur d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route est réalisée de façon cohérente avec celle utilisée sur l'écran pour la représentation des couches de terrain et/ou des risques de collision avec le terrain et/ou les obstacles survolés.

**[0036]** Avantageusement, lorsque l'aéronef était en montée ou en palier au moment de la détection d'un risque de collision terrain, la projection à l'horizontale d'un palpeur d'enveloppe virtuelle de protection d'évolution est adoptée comme palpeur d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.

**[0037]** Avantageusement, lorsque l'aéronef était en descente au moment de la détection d'un risque de collision terrain, la projection selon un plan incliné fonction de la pente de descente de l'aéronef au moment de la détection du risque de collision terrain, d'un palpeur d'enveloppe virtuelle de protection d'évolution est adoptée comme palpeur d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.

**[0038]** Avantageusement, lorsque les moyens de détermination d'enveloppe virtuelle de protection engendrent deux enveloppes virtuelles de protection d'évolu-

tion, la plus distante, pour une pré-alarme de collision terrain et la plus proche pour une alarme de collision terrain, la réunion des projections à l'horizontale des palpeurs des deux enveloppes virtuelles de protection d'évolution est adoptée comme palpeur d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.

**[0039]** Avantageusement, lorsque les moyens de détermination d'enveloppe virtuelle de protection engendrent deux enveloppes virtuelles de protection d'évolution, la plus distante pour une pré-alarme de collision terrain et la plus proche pour une alarme de collision terrain, la réunion des projections selon un plan incliné ayant la pente de descente de l'aéronef au moment de la détection du risque de collision terrain, des palpeurs des deux enveloppes virtuelles de protection d'évolution est adoptée comme palpeur d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.

**[0040]** Avantageusement, l'indication signalant la possibilité de mettre fin à une manoeuvre d'évitement est donnée momentanément sous forme aurale et/ou visuelle.

**[0041]** Avantageusement, l'équipement anticollision terrain engendre une indication de maintien de la manoeuvre d'évitement sous forme aurale et/ou visuelle, à la disparition d'une l'alerte terrain et ce jusqu'à ce qu'aucun risque de collision ne soit détecté par l'enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.

**[0042]** Avantageusement la distance verticale sous l'aéronef à laquelle est placée l'enveloppe virtuelle de protection de reprise de route est prise égale à celle utilisé pour l'une des enveloppes virtuelles de protection d'évolution.

**[0043]** Avantageusement, lorsque l'équipement anticollision terrain est pourvu d'un écran de visualisation affichant une représentation des couches de terrain et/ou des risques de collision avec le terrain et/ou les obstacles survolés, la distance verticale sous l'aéronef à laquelle est placée une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route est prise cohérente avec celle utilisée sur l'écran pour la représentation des couches de terrain et/ou de risques de collision avec le terrain et/ou les obstacles survolés.

**[0044]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description ci-après d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple. Cette description sera faite en regard du dessin dans lequel :

- une figure 1 est un schéma de principe d'un équipement anticollision terrain embarqué à bord d'un aéronef en vue de sécuriser son pilotage,
- des figures 2 à 4 sont des vues, essentiellement dans le plan vertical, montrant différentes phases d'un évitement de terrain mené par un aéronef sous le contrôle d'un équipement anticollision terrain selon l'invention, et
- des figures 5, 6 et 7 sont des schémas illustrant des choix possibles de palpeur d'enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.

**[0045]** La figure 1 montre un équipement d'anticollision terrain 1 dans son environnement fonctionnel à bord d'un aéronef. L'équipement anticollision terrain se compose essentiellement d'un calculateur 2 associé à une base de données cartographiques 3. La base de données cartographiques représentée 3 est embarquée à bord de l'aéronef mais elle pourrait tout aussi bien être au sol et accessible de l'aéronef par radiotransmission. Le calculateur 2 peut être un calculateur spécifique à l'équipement anticollision terrain ou un calculateur partagé avec d'autres tâches comme la gestion de vol ou le pilote automatique. En ce qui concerne l'anticollision terrain, il reçoit des équipements de navigation 4 de l'aéronef les principaux paramètres de vol dont la position de l'aéronef en latitude; longitude et altitude et la direction et l'amplitude de son vecteur vitesse. A partir de ces paramètres de vol, il détermine à chaque instant, au moins deux volumes de protection d'évolution dirigés vers l'avant selon une trajectoire future prédite et vers le dessous de l'aéronef, et recherche si ces volumes de protection entrent en contact avec le terrain et/ou les obstacles au sol survolés par comparaison de ces volumes de protection d'évolution avec une représentation du terrain et/ou des obstacles au sol survolés tirée de la base de données cartographiques 3, tout contact étant considéré comme un risque de collision avec du terrain et/ou des obstacles au sol. Il émet une pré-alarme 5 dès que le plus distant des volumes de protection est touché et une alarme si le plus proche des volumes de protection est également touché, et accompagne l'alarme, de la raison de l'alarme et éventuellement d'une indication sur la consigne d'évitement qui convient.

**[0046]** Par ailleurs, pour fournir à l'équipage de l'aéronef, une vision de la situation de l'aéronef par rapport au terrain et aux obstacles survolés, et, éventuellement, lui faciliter l'évaluation et la résolution des risques de collision terrain, l'équipement anticollision terrain 1 peut faire afficher sur un écran 6 du cockpit, une carte du terrain survolé faisant ressortir les zones de terrain menaçantes. Cette carte, généralement en deux dimensions, est constituée d'une représentation par courbes de niveau 7 du terrain survolé avec des fausses couleurs et/ou différentes textures et/ou symboles matérialisant l'ampleur du risque de collision correspondant à chaque tranche de terrain.

**[0047]** Un volume de protection lié à l'aéronef délimite une partie de l'espace dans laquelle l'aéronef doit pouvoir évoluer dans un futur plus ou moins proche sans risque de collision terrain. Son importance et sa forme dépendent du délai recherché entre une alarme et la réalisation d'un risque de collision, et, dans une certaine mesure, de la manoeuvrabilité de l'aéronef à l'instant considéré, c'est-à-dire des capacités d'évolution de l'aéronef qui sont liées à ses performances, à l'amplitude et à la direction de sa vitesse air, et à son attitude de vol (vol en ligne droite ou en virage, etc.). Il est défini par une enveloppe virtuelle sans réalité physique, dont les seules parties inférieure et frontale et éventuellement latérales

sont considérées.

**[0048]** Les parties inférieure et frontale d'un volume de protection sont habituellement assimilées à une bande, d'axe transversal horizontal, suivant avec un certain décalage vertical fonction de la marge minimum de survol pour la situation considérée, la trajectoire qui serait suivie par l'aéronef dans le cas où son équipage viendrait à être averti d'un risque de collision terrain et lui ferait adopter, au bout d'un temps normal de réaction agrémenté d'une marge de sécurité plus ou moins longue, une trajectoire d'évitement en montée, avec une pente voisine du maximum de ses possibilités du moment. Cette bande va en s'élargissant pour tenir compte de l'incertitude de plus en plus grande sur la position prévisible de l'aéronef au fur et à mesure de l'augmentation du délai de prévision et s'ouvre sur le coté en cas de virage en fonction du taux de virage. Elle commence par se diriger dans la direction du déplacement de l'aéronef, puis s'incurve vers le haut jusqu'à adopter une pente de montée correspondant au maximum des possibilités de montée de l'aéronef. Elle sert de palpeur car c'est son franchissement par le terrain et/ou les obstacles au sol qui sert de critère pour décider de la pénétration du terrain et/ou des obstacles au sol dans la volume de protection et admettre l'existence d'un risque de collision.

**[0049]** Sur la figure 2, un aéronef A se déplace, en descente, à un instant  $t_1$  et dans une direction D, au-dessus d'un terrain de profil vertical R. Cet aéronef A est pourvu d'un équipement anticollision terrain qui met en oeuvre deux volumes de protection d'évolution: un volume de protection distant utilisé pour des pré-alarmes donc pour la détection de risques de collision terrain à court terme et correspondant à un premier palpeur C, et un volume de protection proche utilisé pour des alarmes donc pour la détection de risque de collision terrain à très court terme et correspondant à un deuxième palpeur W. Les deux palpeurs C et W utilisés pour les pré-alarmes et les alarmes modélisent des évitements du relief par le haut entamés à des instants  $t_1 + T_{pa}$  et  $t_1 + T_a$  et nécessitant un temps de mise en oeuvre  $T_m$ . La détection des risques de collision terrain à court terme implique de prévoir la manoeuvre d'évitement par le haut au bout d'un délai plus grand que la détection des risques de collision terrain à très court terme, ce qui se traduit par un décalage du palpeur C par rapport au palpeur W selon la trajectoire future prédite. Comme elle repose sur une prévision à plus long terme de la position de l'aéronef, elle est moins fiable. Pour lui, conserver néanmoins la même sûreté de détection son palpeur C est également décalé vers le bas par rapport au palpeur W.

**[0050]** Dans la situation représentée à la figure 2, l'équipement d'anticollision de l'aéronef A détecte une pénétration du terrain au travers de son palpeur C à l'instant  $t_1$  et engendre en conséquence, une pré-alarme de risque de collision terrain. Cette pré-alarme alerte l'équipage de l'aéronef A du risque que lui fait courir sa trajectoire de descente.

**[0051]** Arrivé au point MW, l'équipement anticollision

terrain de l'aéronef A engendre une alarme de risque de collision terrain car l'enveloppe de protection la plus proche adoptée EW rencontre une surface MTCD recouvrant le relief R et correspondant à une marge minimum de sécurité retenue pour tenir compte des imprécisions de la base des données cartographiques 3 et/ou de la position verticale de l'avion fournie par les senseurs de bord, et d'une hauteur minimum de survol pour assurer la sécurité.

**[0052]** Cette alarme de collision terrain conduit l'équipage de l'aéronef à arrêter la descente et à entamer sans délai une trajectoire d'évitement TE consistant en une remontée à une altitude de sécurité au-dessus des points haut du relief survolé.

**[0053]** La figure 3 montre situation de l'aéronef A à un instant ultérieur  $t_2$  alors qu'il entame une remontée pour éliminer le risque de collision terrain signalé par l'alarme de son équipement anticollision terrain. Les palpeurs C et W ont pris la nouvelle direction en montée de l'aéronef A et se sont redressés puisque l'aéronef A est proche du maximum de ses possibilités de montée. Ils ne rencontrent plus la surface MTCD recouvrant le terrain R de sorte que l'équipement anticollision terrain de l'aéronef A a fait cesser l'alarme de collision terrain. L'arrêt de l'alarme (aurale et lumineuse le cas échéant) informe l'équipage de la bonne efficacité de la manoeuvre d'évitement par le haut en cours mais ne le renseigne pas sur la possibilité ou non de reprendre la trajectoire de descente qu'il suivait avant l'avènement de l'alarme de collision terrain. Pour combler cette lacune, l'équipement anticollision terrain proposé prévoit au moins un troisième volume de protection dit de reprise de route, basé sur la position instantanée de l'aéronef A, ici en  $t_2$ , et sur une prévision de déplacement fictif allant dans le sens de la reprise de la trajectoire suivie au moment de la détection du risque avec le terrain (pré-alerte ou alerte). Dans le cas présent, le volume de protection de reprise de route est basé sur une prévision de déplacement fictif reprenant le cap instantané de l'aéronef A et sa pente de descente initiale, et correspond au palpeur L. Ce palpeur L rencontre la surface MTCD recouvrant le terrain R signifiant que la manoeuvre d'évitement par le haut en cours de réalisation doit être poursuivie avant que le risque de collision terrain puisse être considéré comme résolu.

**[0054]** Dès que le palpeur L correspondant au volume de protection de reprise de route est libéré de toute emprise de la surface MTCD recouvrant le terrain R, l'équipement d'anticollision terrain émet, à l'attention de l'équipage, un constat de résolution du risque de collision terrain, signifiant la possibilité de reprendre la route initialement suivie. Ce constat peut prendre la forme soit de l'arrêt d'une consigne aurale et/ou lumineuse de poursuite de la manoeuvre d'évitement (telle que « continuer montée ») qui a été initiée depuis l'arrêt de l'alarme, soit de la génération momentanée d'une consigne aurale et/ou lumineuse de fin possible de la manoeuvre d'évitement.

**[0055]** La figure 4 montre situation de l'aéronef A à un instant postérieur t3 alors qu'il poursuit sa manoeuvre d'évitement par le haut entamée pour éliminer le risque de collision terrain signalé par l'alarme de son équipement anticollision terrain. Les palpeurs C et W restent orientés en montée sans rencontrer le terrain R de sorte que l'équipement anticollision terrain de l'aéronef A n'émet ni pré-alarme, ni alarme. Dès que le palpeur L correspondant au volume de protection de reprise de route ne rencontre plus la surface MTCD recouvrant le terrain R signifiant que la manoeuvre d'évitement par le haut en cours de réalisation peut être arrêtée et une trajectoire horizontale ou avantageusement la trajectoire initiale de descente reprise sans risque de collision à court terme avec du terrain et/ou des obstacles, l'équipement d'anticollision terrain émet, à l'attention de l'équipage, un constat de résolution du risque de collision terrain, signifiant la possibilité de reprendre la route initialement suivie. Comme indiqué précédemment, ce constat peut prendre la forme soit de l'arrêt d'une consigne aurale et/ou lumineuse de poursuite de la manoeuvre d'évitement (telle que « continuer montée ») qui a été initiée depuis l'arrêt de l'alarme, soit de la génération momentanée d'une consigne aurale et/ou lumineuse de fin possible de la manoeuvre d'évitement.

**[0056]** La façon dont sont obtenus les paramètres de vol par les équipements de navigation 4 de l'aéronef ainsi que les traitements faits par le calculateur 2 sur les paramètres de vol et sur les éléments de la base de données cartographique 3 pour engendrer les pré-alarmes, les alarmes, les consignes d'évitement de terrain ainsi que pour éventuellement afficher une carte en fausses couleurs, par courbes de niveau du terrain survolé, ne seront pas détaillés pour ne pas alourdir la description. Pour des précisions à leur sujet, on se rapportera utilement aux brevets précédemment cités (les brevets français FR 2 689 668, FR 2 747 492, FR 2 773 609, FR 2 813 963 et les brevets américains US 5 488 563, US 5 638 282, US 6 088 654, US 6 317 663).

**[0057]** Comme pour la détection des risques de collision terrain, il peut y avoir plusieurs volumes de protection, par exemple deux volumes de protection de reprise de route, le plus distant pour signaler une résolution imminente d'un risque de conflit de terrain en cours de traitement et le plus proche pour un constat de résolution effective d'un risque de collision terrain. Le ou les palpeurs associés à des volumes de protection de reprise de route peuvent être déterminés par l'équipement anticollision terrain de manière indépendante des palpeurs associés aux volumes de protection d'évolution ou en découler.

**[0058]** La figure 5 donne un exemple, dans lequel le palpeur L associé à un volume de protection de reprise de route est pris égal à la projection, sur le plan horizontal, du palpeur W associé au volume de protection d'évolution dédié aux alarmes de risque de collision terrain.

**[0059]** Une variante consiste à adopter pour le palpeur L associé au volume de protection de reprise de route,

non pas la projection, sur le plan horizontal, du palpeur W associé au volume de protection d'évolution dédié aux alarmes de risque de collision terrain mais la réunion des projections, sur le plan horizontal, des palpeurs W et C associés aux volumes de protection d'évolution dédiés aux pré-alarmes et alarmes de risques de collision terrain.

**[0060]** La figure 6 donne un autre exemple particulièrement adapté au cas où un aéronef A est soit, de façon instantanée en cours de descente lors de la résolution d'un risque de collision avec le terrain (a priori en cours de redressement vers un trajectoire montée), soit en descente au moment de la détection d'un risque de collision terrain. Dans cet exemple, le palpeur L associé à un volume de protection de reprise de route est pris égal à la projection, sur le plan de descente de l'aéronef A, du palpeur W associé au volume de protection d'évolution dédié aux alarmes de risque de collision terrain.

**[0061]** Une variante consiste à adopter pour le palpeur L associé au volume de protection de reprise de route, non pas la projection, sur le plan de descente de l'aéronef A, du palpeur W associé au volume de protection d'évolution dédié aux alarmes de risque de collision terrain mais la réunion des projections, sur le plan de descente de l'aéronef A, des palpeurs W et C associés aux volumes de protection d'évolution dédiés aux pré-alarmes et alarmes de risques de collision terrain.

**[0062]** La figure 7 donne un autre exemple particulièrement adapté au cas où un aéronef A est de façon instantané en cours de descente lors de la résolution d'un risque de collision avec le terrain (a priori en cours de redressement vers un trajectoire montée) dans lequel le palpeur L associé à un volume de protection de reprise de route est pris égal à la projection, sur le plan de descente de l'aéronef A, pendant une durée (ou une distance) prédéterminée (par exemple de l'ordre de 30 secondes), puis sur un plan horizontal, du palpeur W associé au volume de protection d'évolution dédié aux alarmes de risque de collision terrain. Avantageusement cette projection est définie de façon cohérente avec celle utilisée pour la représentation des couches de terrain et/ou de risque avec le terrain et/ou les obstacles sur le ou les écrans de visualisation du cockpit utilisé pour ce système d'anticollision terrain, en particulier en prenant pour la durée prédéterminée une durée par exemple de l'ordre de 30 secondes fixe ou modulable suivant des critères propres à l'affichage des couches terrain.

## 50 Revendications

1. Équipement anticollision terrain (1) embarqué à bord d'aéronef (A), comportant, des moyens de détermination d'au moins une enveloppe virtuelle de protection d'évolution (W, C) construite autour de la trajectoire de l'aéronef prédite à court terme et délimitant un volume de protection autour de la position et de la trajectoire courantes de l'aéronef, des moyens de

- détection des intrusions, dans la ou lesdites enveloppes virtuelles de protection d'évolution (W, C), d'une représentation d'une enveloppe (MTCD) du terrain et/ou des obstacles au sol survolés mémorisés dans une base de données embarquée (3) ou au sol, et des moyens d'alarme (5) déclenchés par les moyens de détection d'intrusion,
- caractérisé en ce que**, après détection d'un risque de collision sol, ses moyens de détermination d'enveloppes virtuelles de protection déterminent, en plus de la ou des enveloppes virtuelles de protection d'évolution (W, C), au moins une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route (L), construite autour d'une trajectoire fictive de reprise de route, **en ce que** ses moyens de détection d'intrusion détectent les intrusions du terrain et /ou des obstacles sol (R) à la fois dans la ou les enveloppes virtuelles de protection d'évolution (W, C) et dans la ou les enveloppes virtuelles de protection de reprise de route (L) et
- en ce que** ses moyens d'alarmes engendrent une indication signalant la possibilité de mettre fin à une manoeuvre d'évitement dès que les moyens de détection d'intrusion ne constatent plus d'intrusion du terrain et/ou des obstacles au sol (R) dans la ou les enveloppes virtuelles de protection de reprise de route (L).
2. Equipement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la trajectoire fictive de reprise de route est une trajectoire horizontale.
  3. Equipement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la trajectoire fictive de reprise de route est une trajectoire ayant pour pente, une pente horizontale si la trajectoire instantanée de l'aéronef est en montée ou en palier, et une pente fonction de la trajectoire instantanée de l'aéronef si l'aéronef est en descente.
  4. Equipement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la trajectoire fictive de reprise de route est une trajectoire ayant pour pente, une pente fonction de la trajectoire instantanée de l'aéronef
  5. Equipement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la trajectoire fictive de reprise de route est une trajectoire ayant pour pente, une pente fonction de la trajectoire de l'aéronef au moment de la détection du risque de collision terrain.
  6. Equipement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la trajectoire fictive de reprise de route est une trajectoire ayant pour pente, une pente fonction de la trajectoire de l'aéronef au moment de la détection du risque de collision terrain, si celui-ci était en descente, et une trajectoire horizontale si celui-ci était en vol horizontal ou en montée au moment
  7. Equipement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la trajectoire fictive de reprise de route est une trajectoire ayant pour cap, le cap instantané de l'aéronef (A).
  8. Equipement selon l'une des revendications 1 à 6 **caractérisé en ce que**, la trajectoire fictive de reprise de route est une trajectoire ayant pour cap et pente, ceux de la trajectoire de l'aéronef (A) au moment de la détection du risque de collision terrain.
  9. Equipement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, les limites de la ou des enveloppes virtuelles de protection sont définies par une surface dite palpeur (W, C, L) dont la rencontre avec la représentation d'une enveloppe du terrain et/ou des obstacles au sol (R) extraite des informations de la base de données (3) est assimilée à une intrusion du terrain et/ou des obstacles au sol (R) dans l'enveloppe virtuelle de protection correspondante.
  10. Equipement selon la revendication 9, **caractérisé en ce que**, quelle que soit l'attitude instantanée de l'aéronef (A) : montée, vol en palier ou descente, la projection à l'horizontale d'un palpeur (W ou C) d'enveloppe virtuelle de protection d'évolution est adoptée comme palpeur (L) d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.
  11. Equipement selon la revendication 9, **caractérisé en ce que**, lorsque l'attitude instantanée de l'aéronef (A) est une montée ou un vol en palier, la projection à l'horizontale d'un palpeur (W ou C) d'enveloppe virtuelle de protection d'évolution est adoptée comme palpeur (L) d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.
  12. Equipement selon la revendication 9, **caractérisé en ce que**, lorsque l'attitude instantanée de l'aéronef (A) est une descente, la projection selon un plan incliné fonction de la pente de descente instantanée de l'aéronef d'un palpeur (W ou C) d'enveloppe virtuelle de protection d'évolution est adoptée comme palpeur (L) d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.
  13. Equipement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, lorsque l'attitude instantanée de l'aéronef (A) est une descente, la projection selon un plan incliné fonction de la pente de descente instantanée de l'aéronef d'un palpeur (W ou C) d'enveloppe virtuelle de protection d'évolution pendant une certaine distance ou temps de vol puis selon l'horizontale, est adoptée comme palpeur (L) d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.



14. Equipement selon la revendication 13, **caractérisé en ce que**, lorsque l'équipement anticollision terrain est pourvu d'un écran de visualisation affichant une représentation des couches de terrain et/ou de risque avec le terrain et/ou les obstacles survolés, la projection, selon deux plans, adoptée comme palpeur (L) d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route est réalisée de façon cohérente avec celle utilisée sur l'écran pour la représentation des couches de terrain et/ou de risque avec le terrain et/ou les obstacles survolés.
15. Equipement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, lorsque l'aéronef (A) était en montée ou en palier au moment de la détection d'un risque de collision terrain, la projection à l'horizontale d'un palpeur (W, C) d'enveloppe virtuelle de protection d'évolution est adoptée comme palpeur (L) d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.
16. Equipement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, lorsque l'aéronef (A) était en descente au moment de la détection d'un risque de collision terrain, la projection, selon un plan incliné ayant la pente de descente de l'aéronef (A) au moment de la détection du risque de collision terrain, d'un palpeur (W, C) d'enveloppe virtuelle de protection d'évolution est adoptée comme palpeur (L) d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.
17. Equipement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, lorsque les moyens de détermination d'enveloppe virtuelle de protection engendrent deux enveloppes virtuelles de protection d'évolution, la plus distante (C) pour une pré-alarme de collision terrain et la plus proche (W) pour une alarme de collision terrain, la réunion des projections à l'horizontale des palpeurs (W, C) des deux enveloppes virtuelles de protection d'évolution est adoptée comme palpeur (L) d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.
18. Equipement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, lorsque les moyens de détermination d'enveloppe virtuelle de protection engendrent deux enveloppes virtuelles de protection d'évolution, la plus distante (C) pour une pré-alarme de collision terrain et la plus proche (W) pour une alarme de collision terrain, la réunion des projections, selon un plan incliné ayant la pente de descente de l'aéronef (A) au moment de la détection du risque de collision terrain, des palpeurs (W,C) des deux enveloppes virtuelles de protection d'évolution est adoptée comme palpeur (L) d'une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route.
19. Equipement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'indication signalant la possibilité de met-

tre fin à une manoeuvre d'évitement est donnée momentanément sous forme aurale et/ou visuelle.

20. Equipement selon la revendication 1 **caractérisé en ce qu'il** engendre une indication de maintien de la manoeuvre d'évitement sous forme aurale et/ou visuelle, à la disparition d'une l'alerte terrain et ce, jusqu'à ce qu'aucun risque de collision ne soit détecté par l'enveloppe virtuelle de protection de reprise de route (L).
21. Equipement selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** la distance verticale sous l'aéronef à laquelle est placée une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route est prise égale à celle utilisé pour l'une des enveloppes virtuelles de protection d'évolution.
22. Equipement selon l'une au moins des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, lorsque l'équipement anticollision terrain est pourvu d'un écran de visualisation affichant une représentation des couches de terrain et/ou de risque avec le terrain et/ou les obstacles survolés, la distance verticale sous l'aéronef à laquelle est placée une enveloppe virtuelle de protection de reprise de route est prise cohérente avec celle utilisée sur l'écran pour la représentation des couches de terrain et/ou de risque avec le terrain et/ou les obstacles survolés.

## Claims

1. Terrain anticollision equipment (1) carried onboard an aircraft (A), comprising means for determining at least one virtual envelope of protection of deployment (W, C) constructed around the short term predicted trajectory of the aircraft and delimiting a protection volume around the current position and the current trajectory of the aircraft, means for detecting intrusions, into said virtual envelope or envelopes of protection of deployment (W, C), of a representation of an envelope (MTCD) of the terrain and/or of the ground obstacles overflowed stored in a data base onboard (3) or on the ground, and alarm means (5) triggered by the intrusion detection means, **characterized in that**, after detection of a risk of ground collision, its means of determining virtual envelopes of protection determine, in addition to the virtual envelope or envelopes of protection of deployment (W, C), at least one virtual envelope of protection of resumption of route (L), constructed around a fictitious trajectory of resumption of route, **in that** its means of intrusion detection detect the intrusions of the terrain and/or of the ground obstacles (R) at one and the same time into the virtual envelope or envelopes of protection of deployment (W, C) and into the virtual envelope or envelopes of

- protection of resumption of route (L) and in that its alarm means produce an indication signalling the possibility of ending an avoidance manoeuvre as soon as the means of intrusion detection no longer note any intrusion of the terrain and/or of the ground obstacles (R) into the virtual envelope or envelopes of protection of resumption of route (L).
2. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the fictitious trajectory of resumption of route is a horizontal trajectory.
  3. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the fictitious trajectory of resumption of route is a trajectory having as slope a horizontal slope if the instantaneous trajectory of the aircraft is climbing or holding level, and a slope dependent on the instantaneous trajectory of the aircraft if the aircraft is descending.
  4. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the fictitious trajectory of resumption of route is a trajectory having as slope a slope dependent on the instantaneous trajectory of the aircraft.
  5. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the fictitious trajectory of resumption of route is a trajectory having as slope a slope dependent on the trajectory of the aircraft at the moment of the detection of the risk of terrain collision.
  6. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the fictitious trajectory of resumption of route is a trajectory having as slope a slope dependent on the trajectory of the aircraft at the moment of the detection of the risk of terrain collision, if the latter was descending, and a horizontal trajectory if the latter was flying horizontally or climbing at the moment of the detection of the risk of terrain collision.
  7. Equipment according to one of the preceding claims, **characterized in that** the fictitious trajectory of resumption of route is a trajectory having as heading the instantaneous heading of the aircraft (A).
  8. Equipment according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the fictitious trajectory of resumption of route is a trajectory having as heading and slope those of the trajectory of the aircraft (A) at the moment of the detection of the risk of terrain collision.
  9. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the limits of the virtual envelope or envelopes of protection are defined by a so-called feeler surface (W, C, L) the meeting of which with the representation of an envelope of the terrain and/or of the ground obstacles (R) which is extracted from the information of the data base (3) is regarded as an intrusion of the terrain and/or of the ground obstacles (R) into the corresponding virtual envelope of protection.
  10. Equipment according to Claim 9, **characterized in that**, regardless of the instantaneous attitude of the aircraft (A): climbing, flying level or descending, the projection onto the horizontal of a feeler (W or C) of virtual envelope of protection of deployment is adopted as feeler (L) of a virtual envelope of protection of resumption of route.
  11. Equipment according to Claim 9, **characterized in that**, when the instantaneous attitude of the aircraft (A) is climbing or flying level, the projection onto the horizontal of a feeler (W or C) of virtual envelope of protection of deployment is adopted as feeler (L) of a virtual envelope of protection of resumption of route.
  12. Equipment according to Claim 9, **characterized in that**, when the instantaneous attitude of the aircraft (A) is descending, the projection according to an inclined plane dependent on the instantaneous descent slope of the aircraft of a feeler (W or C) of virtual envelope of protection of deployment is adopted as feeler (L) of a virtual envelope of protection of resumption of route.
  13. Equipment according to Claim 1, **characterized in that**, when the instantaneous attitude of the aircraft (A) is descending, the projection along an inclined plane dependent on the instantaneous descent slope of the aircraft of a feeler (W or C) of virtual envelope of protection of deployment during a certain distance or flight time and then according to the horizontal is adopted as feeler (L) of a virtual envelope of protection of resumption of route.
  14. Equipment according to Claim 13, **characterized in that**, when the terrain anticollision equipment is provided with a display screen showing a representation of the terrain layers and/or of risk with the terrain and/or the obstacles overflown, the projection, in two planes, which is adopted as feeler (L) of a virtual envelope of protection of resumption of route is carried out in a manner consistent with that used on the screen for the representation of the terrain layers and/or of risk of collision with the terrain and/or the obstacles overflown.
  15. Equipment according to Claim 1, **characterized in that**, when the aircraft (A) was climbing or holding level at the moment of the detection of a risk of terrain collision, the projection onto the horizontal of a feeler (W, C) of virtual envelope of protection of deployment is adopted as feeler (L) of a virtual envelope of protection of resumption of route.

16. Equipment according to Claim 1, **characterized in that**, when the aircraft (A) was descending at the moment of the detection of a risk of terrain collision, the projection, along an inclined plane having the descent slope of the aircraft (A) at the moment of the detection of the risk of terrain collision, of a feeler (W, C) of virtual envelope of protection of deployment is adopted as feeler (L) of a virtual envelope of protection of resumption of route. 5
17. Equipment according to Claim 1, **characterized in that**, when the means of determination of virtual envelope of protection produce two virtual envelopes of protection of deployment, the more distant (C) for a prealarm of terrain collision and the closer (W) for an alarm of terrain collision, the union of the projections onto the horizontal of the feelers (W, C) of the two virtual envelopes of protection of deployment is adopted as feeler (L) of a virtual envelope of protection of resumption of route. 15
18. Equipment according to Claim 1, **characterized in that**, when the means of determination of virtual envelope of projection produce two virtual envelopes of protection of deployment, the more distant (C) for a prealarm of terrain collision and the closer (W) for an alarm of terrain collision, the union of the projections, along an inclined plane having the descent slope of the aircraft (A) at the moment of the detection of the risk of terrain collision, of the feelers (W, C) of the two virtual envelopes of protection of deployment is adopted as feeler (L) of a virtual envelope of protection of resumption of route. 25
19. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the indication signalling the possibility of ending an avoidance manoeuvre is given momentarily in aural and/or visual form. 30
20. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** it produces an indication of holding of the avoidance manoeuvre in aural and/or visual form, upon the disappearance of a terrain alert and does so, until no risk of collision is detected by the virtual envelope of protection of resumption of route (L). 35
21. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the vertical distance under the aircraft at which a virtual envelope of protection of resumption of route is placed is taken equal to that used for one of the virtual envelopes of protection of deployment. 40
22. Equipment according to one at least of the preceding claims, **characterized in that**, when the terrain anticollision equipment is provided with a display screen showing a representation of the terrain layers and/or of risk with the terrain and/or the obstacles overflown, the vertical distance under the aircraft at 45

which a virtual envelope of protection of resumption of route is placed is taken consistent with that used on the screen for the representation of the terrain layers and/or of risk of collision with the terrain and/or the obstacles overflown.

## Patentansprüche

1. Einrichtung (1) zur Verhinderung von Geländekollisionen, die sich an Bord eines Luftfahrzeugs (A) befindet, mit Mitteln zur Bestimmung mindestens einer evolutiven virtuellen Schutzhülle (W, C), die um die kurzfristig vorhergesagte Flugbahn des Luftfahrzeugs konstruiert ist und einen Schutzraum um die laufende Position und die laufende Flugbahn des Luftfahrzeugs begrenzt, mit Mitteln zur Erfassung des Eindringens einer Darstellung einer Hülle (MT-CD) des überflogenen Geländes und/oder der überflogenen Bodenhindernisse, die in einer an Bord oder am Boden befindlichen Datenbank (3) gespeichert sind, in die evolutive(n) virtuelle(n) Schutzhülle(n) (W, C), und mit Alarmeinrichtungen (5), die von den Mitteln zur Erfassung des Eindringens ausgelöst werden, 10
- dadurch gekennzeichnet, dass** nach der Erfassung einer Bodenkollisionsgefahr ihre Mittel zur Bestimmung virtueller Schutzhüllen zusätzlich zu der oder den evolutiven virtuellen Schutzhülle(n) (W, C) mindestens eine virtuelle Schutzhülle der Rückkehr zum Flugkurs (L) bestimmen, die um eine fiktive Flugbahn der Rückkehr zum Flugkurs herum konstruiert ist, 15
- dass ihre Mittel zur Erfassung des Eindringens das Eindringen des Geländes und/oder der Bodenhindernisse (R) sowohl in die evolutive(n) virtuelle(n) Schutzhülle(n) (W, C) als auch in die virtuelle(n) Schutzhülle(n) der Rückkehr zum Flugkurs (L) erfassen, und 20
- dass ihre Alarmeinrichtungen eine Anzeige erzeugen, die die Möglichkeit des Beendens eines Ausweichmanövers signalisiert, sobald die Mittel zur Erfassung des Eindringens kein Eindringen des Geländes und/oder der Bodenhindernisse (R) in die virtuelle(n) Schutzhülle(n) der Rückkehr zum Flugkurs (L) mehr feststellen. 25
2. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die fiktive Flugbahn der Rückkehr zum Flugkurs eine horizontale Flugbahn ist. 30
3. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die fiktive Flugbahn der Rückkehr zum Flugkurs eine Flugbahn ist, die als Neigung eine horizontale Neigung hat, wenn die augenblickliche Flugbahn des Luftfahrzeugs ansteigt oder horizontal ist, und eine Neigung abhängig von der augenblicklichen Flugbahn des Luftfahrzeugs hat, wenn das 35

Luftfahrzeug im Sinkflug ist.

4. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die fiktive Flugbahn der Rückkehr zum Flugkurs eine Flugbahn ist, die als Neigung eine Neigung hat, die von der augenblicklichen Flugbahn des Luftfahrzeugs abhängt. 5
5. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die fiktive Flugbahn der Rückkehr zum Flugkurs eine Flugbahn ist, die als Neigung eine Neigung hat, die von der Flugbahn des Luftfahrzeugs zum Zeitpunkt der Erfassung der Geländekollisionsgefahr abhängt. 10
6. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die fiktive Flugbahn der Rückkehr zum Flugkurs eine Flugbahn ist, die als Neigung eine von der Flugbahn des Luftfahrzeugs zum Zeitpunkt der Erfassung der Geländekollisionsgefahr abhängige Neigung hat, wenn dieses im Sinkflug ist, und eine horizontale Flugbahn ist, wenn das Luftfahrzeug zum Zeitpunkt der Erfassung der Geländekollisionsgefahr im horizontalen Flug oder Steigflug ist. 15
7. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die fiktive Flugbahn der Rückkehr zum Flugkurs eine Flugbahn ist, die als Kurs den augenblicklichen Kurs des Luftfahrzeugs (A) hat. 20
8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die fiktive Flugbahn der Rückkehr zum Flugkurs eine Flugbahn ist, die als Kurs und Neigung diejenigen der Flugbahn des Luftfahrzeugs (A) zum Zeitpunkt der Erfassung der Geländekollisionsgefahr hat. 25
9. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grenzen der virtuellen Schutzhülle(n) von einer Fühler genannten Fläche (W, C, L) definiert werden, deren Auftreffen auf die Darstellung einer Hülle des Geländes und/oder der Bodenhindernisse (R), die aus den Informationen der Datenbank (3) entnommen wird, einem Eindringen des Geländes und/oder der Bodenhindernisse (R) in die entsprechende virtuelle Schutzhülle gleichgesetzt wird. 30
10. Einrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** unabhängig von der augenblicklichen Fluglage des Luftfahrzeugs (A) (Steigflug, horizontaler Flug oder Sinkflug) die Projektion eines Fühlers (W oder C) einer evolutiven virtuellen Schutzhülle auf die Horizontale als Fühler (L) einer virtuellen Schutzhülle der Rückkehr zum Flugkurs genommen wird. 35

11. Einrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass**, wenn die augenblickliche Fluglage des Luftfahrzeugs (A) ein Steigflug oder ein horizontaler Flug ist, die Projektion eines Fühlers (W oder C) einer evolutiven virtuellen Schutzhülle auf die Horizontale als Fühler (L) einer virtuellen Schutzhülle der Rückkehr zum Flugkurs genommen wird. 40
12. Einrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass**, wenn die augenblickliche Fluglage des Luftfahrzeugs (A) ein Sinkflug ist, die Projektion eines Fühlers (W oder C) einer evolutiven virtuellen Schutzhülle gemäß einer geneigten Ebene abhängig vom augenblicklichen Sinkwinkel des Luftfahrzeugs als Fühler (L) einer virtuellen Schutzhülle der Rückkehr zum Flugkurs genommen wird. 45
13. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**, wenn die augenblickliche Fluglage des Luftfahrzeugs (A) ein Sinkflug ist, die Projektion eines Fühlers (W oder C) einer evolutiven virtuellen Schutzhülle gemäß einer geneigten Ebene abhängig vom augenblicklichen Sinkwinkel des Luftfahrzeugs während einer gewissen Strecke oder Flugzeit und dann auf die Horizontale als Fühler (L) einer virtuellen Schutzhülle der Rückkehr zum Flugkurs genommen wird. 50
14. Einrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass**, wenn die eine Geländekollision verhindernde Einrichtung mit einem Anzeigebildschirm versehen ist, der eine Darstellung der Geländeschichten und/oder einer Kollisionsgefahr mit dem Gelände und/oder den überflogenen Hindernissen anzeigt, die Projektion gemäß zwei Ebenen, die als Fühler (L) einer virtuellen Schutzhülle der Rückkehr zum Flugkurs verwendet wird, kohärent mit derjenigen durchgeführt wird, die auf dem Bildschirm zur Darstellung der Geländeschichten und/oder der Kollisionsgefahr mit dem Gelände und/oder den überflogenen Hindernissen verwendet wird. 55
15. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**, wenn das Luftfahrzeug (A) zum Zeitpunkt der Erfassung einer Geländekollisionsgefahr im Steigflug oder im horizontalen Flug ist, die Projektion eines Fühlers (W, C) einer evolutiven virtuellen Schutzhülle auf die Horizontale als Fühler (L) einer virtuellen Schutzhülle der Rückkehr zum Flugkurs genommen wird.
16. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**, wenn das Luftfahrzeug (A) zum Zeitpunkt der Erfassung einer Geländekollisionsgefahr im Sinkflug ist, die Projektion eines Fühlers (W, C) einer evolutiven virtuellen Schutzhülle gemäß einer geneigten Ebene, die dem Sinkwinkel des Luftfahrzeugs (A) zum Zeitpunkt der Erfassung der Ge-

lände kollisionsgefahr entspricht, als Fühler (L) einer virtuellen Schutzhülle der Rückkehr zum Flugkurs genommen wird.

17. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**, wenn die Mittel zur Bestimmung einer virtuellen Schutzhülle zwei evolutive virtuelle Schutzhüllen erzeugen, die weiter entfernte (C) für einen Geländekollisionsvoralarm und die näher liegende (W) für einen Geländekollisionsalarm, die Vereinigung der Projektionen der Fühler (W, C) der beiden evolutiven virtuellen Schutzhüllen auf die Horizontale als Fühler (L) einer virtuellen Schutzhülle der Rückkehr zum Flugkurs genommen wird.
 

5  
10  
15
18. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**, wenn die Mittel zur Bestimmung einer virtuellen Schutzhülle zwei evolutive virtuelle Schutzhüllen erzeugen, die weiter entfernte (C) für einen Geländekollisionsvoralarm und die näher liegende (W) für einen Geländekollisionsalarm, die Vereinigung der Projektionen der Fühler (W, C) der beiden evolutiven virtuellen Schutzhüllen gemäß einer geneigten Ebene, die dem Sinkwinkel des Luftfahrzeugs (A) zum Zeitpunkt der Erfassung einer Geländekollisionsgefahr entspricht, als Fühler (L) einer virtuellen Schutzhülle der Rückkehr zum Flugkurs genommen wird.
 

20  
25
19. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzeige, die die Möglichkeit der Beendigung eines Ausweichmanövers signalisiert, momentan in akustischer und/oder visueller Form angegeben wird.
 

30  
35
20. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Anzeige der Aufrechterhaltung des Ausweichmanövers in akustischer und/oder visueller Form beim Verschwinden eines Geländealarms erzeugt, und dies, bis von der virtuellen Schutzhülle der Rückkehr zum Flugkurs (L) keine Kollisionsgefahr mehr erfasst wird.
 

40
21. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der senkrechte Abstand unter dem Luftfahrzeug, in dem sich eine virtuelle Schutzhülle der Rückkehr zum Flugkurs befindet, gleich demjenigen genommen wird, der für eine der evolutiven virtuellen Schutzhüllen verwendet wird.
 

45  
50
22. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**, wenn die Einrichtung zur Verhinderung von Geländekollisionen mit einem Anzeigebildschirm versehen ist, der eine Darstellung der Geländeschichten und/oder der Kollisionsgefahr mit dem Gelände und/oder den überflogenen Hindernissen anzeigt, der senkrechte Abstand unter dem Luftfahrzeug, in dem sich eine

virtuelle Schutzhülle der Rückkehr zum Flugkurs befindet, als kohärent mit demjenigen genommen wird, der auf dem Bildschirm für die Darstellung der Geländeschichten und/oder der Kollisionsgefahr mit dem Gelände und/oder den überflogenen Hindernissen verwendet wird.

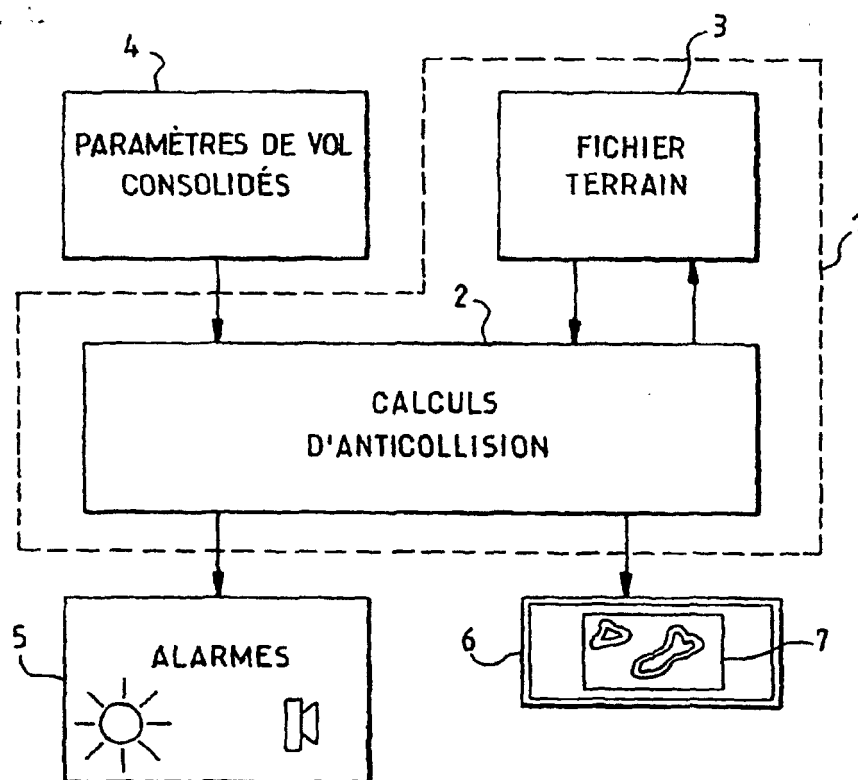


FIG.1

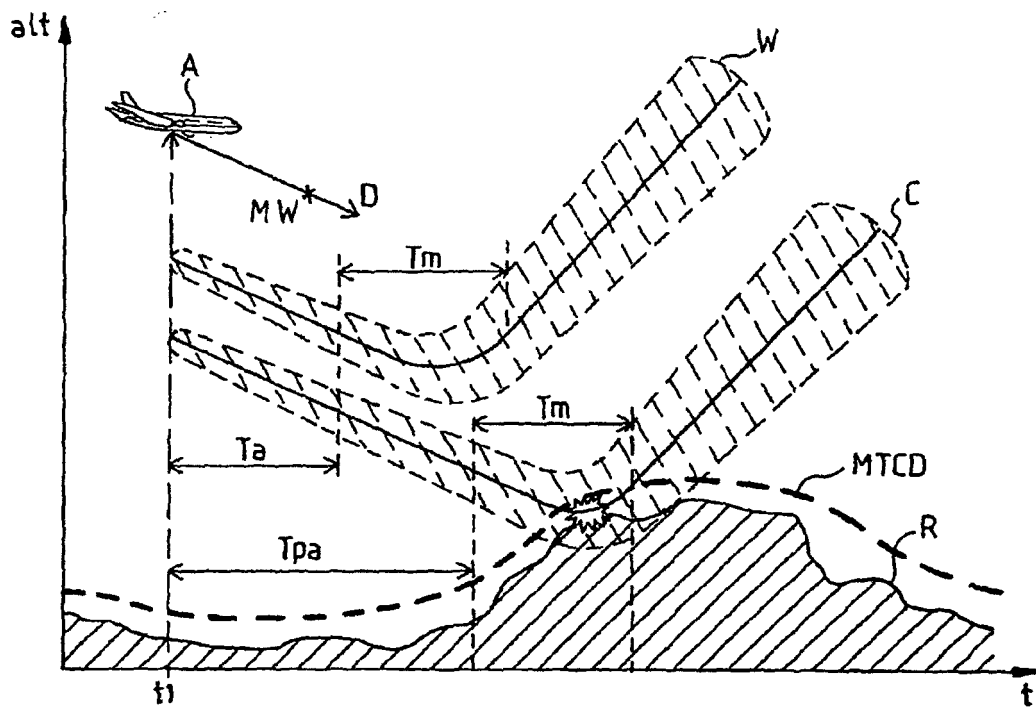


FIG.2

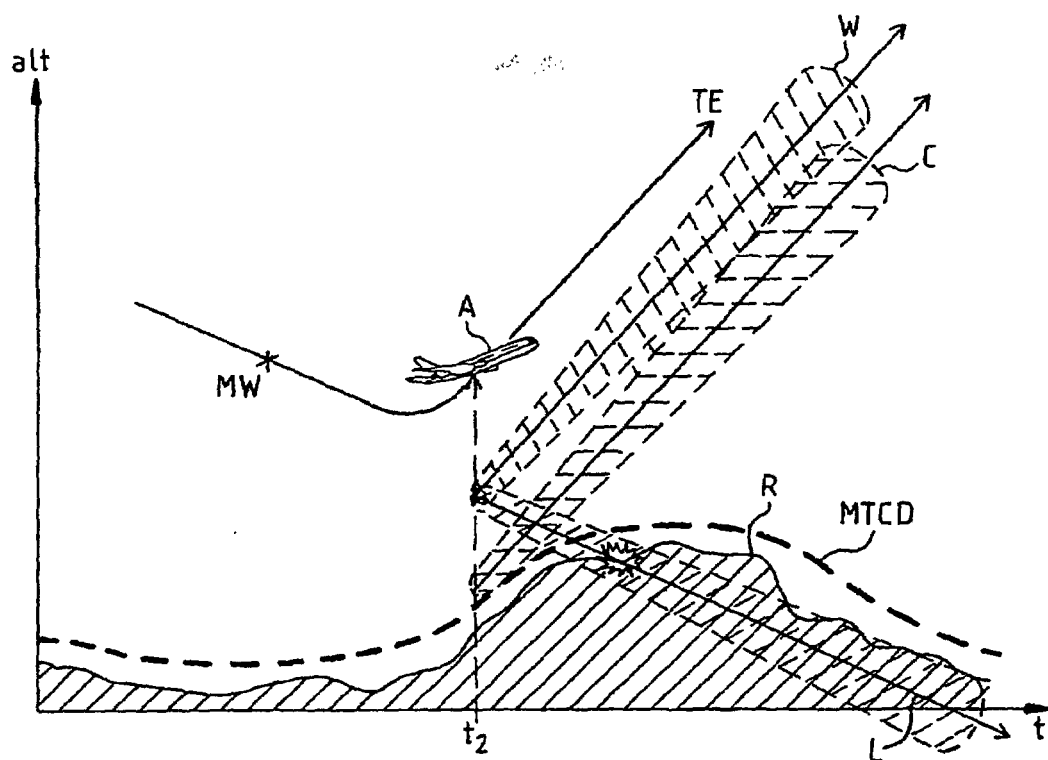


FIG.3



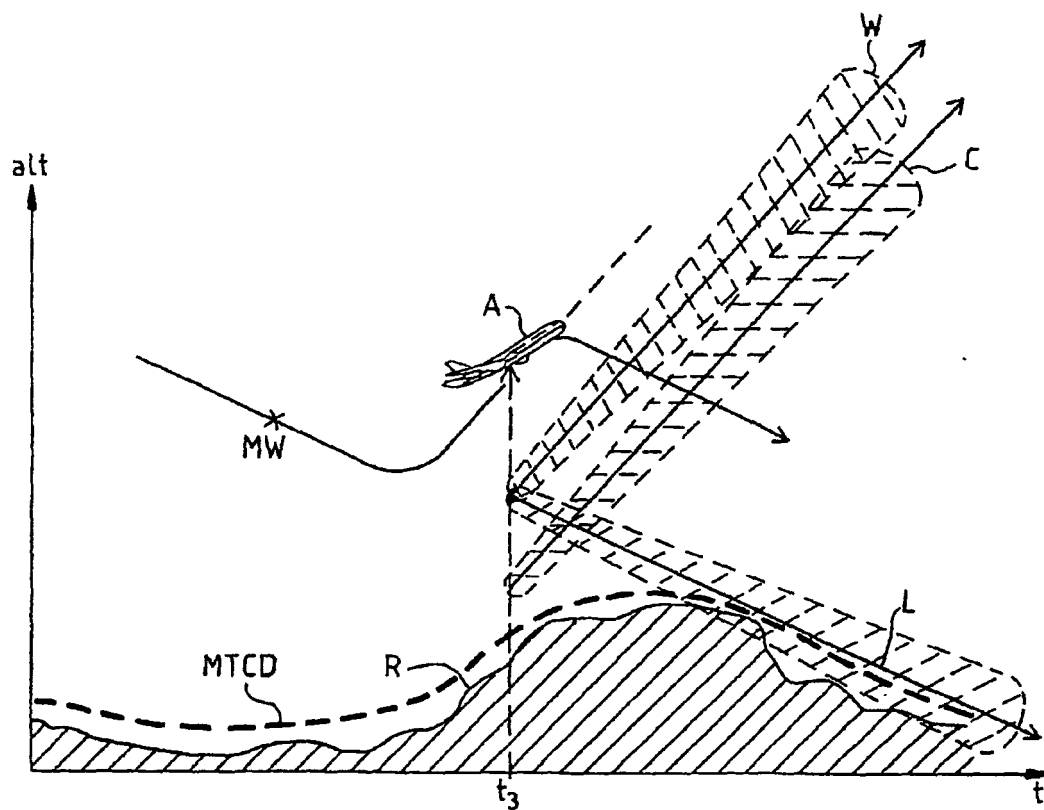


FIG.4

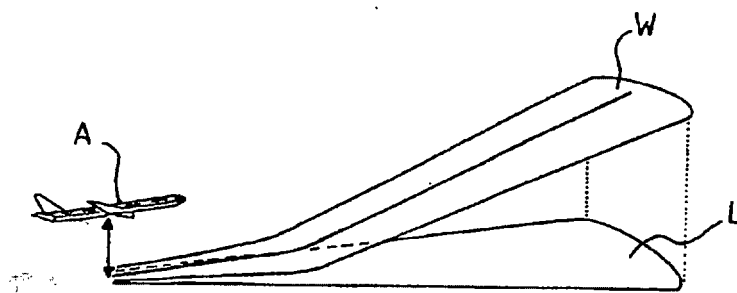


FIG. 5

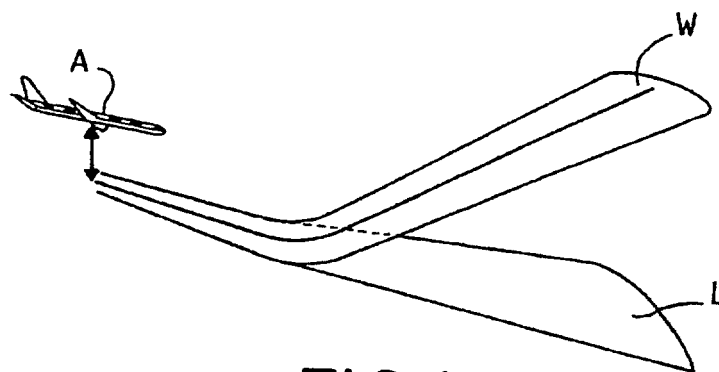


FIG. 6

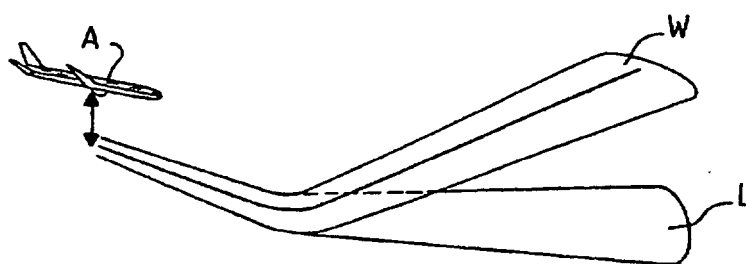


FIG. 7