

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 30.08.06.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 07.03.08 Bulletin 08/10.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : THALES Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : CAILLAUD CHRISTOPHE et DEKER GUY.

73 Titulaire(s) :

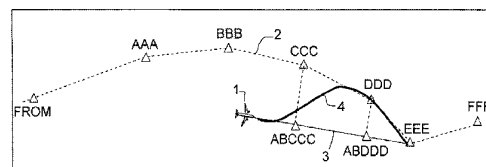
74 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

54 METHODE DE CHANGEMENT DE LA ROUTE SUIVIE PAR UN AERONEF, L'AERONEF SUIVANT INITIALEMENT UNE TRAJECTOIRE PREDEFINIE, LA METHODE PERMETTANT UN RETOUR EVENTUEL DE L'AERONEF SUR LA TRAJECTOIRE PREDEFINIE.

57 La présente invention concerne une méthode de changement de la route suivie par un aéronef, l'aéronef suivant initialement une trajectoire prédéfinie à partir d'une séquence de points de passage, la méthode permettant un retour éventuel de l'aéronef sur la trajectoire prédéfinie dans le même sens ou en sens inverse.

La méthode permettant un retour éventuel de l'aéronef sur la trajectoire prédéfinie dans le même sens se caractérise en ce que les points de passage de la trajectoire prédéfinie sont projetés sur une nouvelle trajectoire selon une fonction de projection assurant que l'ordre de la séquence des points projetés images respecte l'ordre de la séquence des points de passage origines, le projeté d'un point de passage déjà atteint par l'aéronef étant également réputé atteint, les projetés des points de passage sur la nouvelle trajectoire sont réputés atteints par l'aéronef au fur et à mesure de la progression de celui-ci sur la nouvelle trajectoire, l'aéronef rejoignant éventuellement la trajectoire prédéfinie au premier point de passage dans l'ordre de la séquence des points dont le projeté n'est pas encore réputé atteint sur la nouvelle trajectoire.

Application: avionique



Méthode de changement de la route suivie par un aéronef, l'aéronef suivant initialement une trajectoire prédéfinie, la méthode permettant un retour éventuel de l'aéronef sur la trajectoire prédéfinie

La présente invention concerne une méthode de changement de la route suivie par un aéronef, l'aéronef suivant initialement une trajectoire prédéfinie à partir d'une séquence de points de passage. Elle permet un
5 retour éventuel de l'aéronef sur la trajectoire prédéfinie, dans le même sens ou en sens inverse. Elle s'applique par exemple dans le domaine de l'aviation.

10 Un plan de vol est la description détaillée de la route à suivre par un aéronef dans le cadre d'un vol planifié. Il comporte notamment une séquence chronologique de points de passage nommés et décrits par leur position, leur altitude et leur heure de survol. Les points de passage constituent la trajectoire de référence à suivre par l'aéronef en vue de
15 respecter au mieux son plan de vol. Cette trajectoire de référence est une aide précieuse à la fois au personnel de contrôle au sol et au pilote, pour anticiper les mouvements de l'avion et ainsi assurer un niveau de sécurité optimum, notamment dans le cadre du maintien des critères de séparation entre aéronefs. Le plan de vol est couramment géré à bord des avions par un
20 système désigné par la terminologie anglo-saxonne de « Flight Management System », que l'on appellera FMS par la suite, qui met la trajectoire de référence à disposition du personnel navigant et à disposition d'autres systèmes embarqués, tels que des interfaces d'affichage et de saisie. Dans un souci de sécurité essentiellement, il faut donc s'assurer que l'avion suit au
25 moins en terme géographique et éventuellement en terme horaire la trajectoire de référence décrite dans le plan de vol. Pour cela, des procédures de guidage permettent d'asservir l'avion sur la trajectoire de référence. Par exemple, le pilote automatique en mode « managed » selon la terminologie anglo-saxonne, élabore des manœuvres à partir de la trajectoire
30 de référence mise à disposition par le FMS et les exécute automatiquement.

2

Ceci permet de suivre au plus près dans l'espace à 4 dimensions la trajectoire correspondant à la trajectoire de référence.

Mais dans certaines situations, il est demandé par le contrôleur ou le pilote d'effectuer une altération ou une modification de route. Par exemple, la trajectoire de référence peut amener l'avion à croiser un autre aéronef en violant les critères de séparation latérale. Depuis son centre de contrôle au sol, le contrôleur de trafic en charge du vol s'aperçoit du risque à l'avance car il a la connaissance de l'ensemble de la situation aérienne dans un large périmètre autour des avions qu'il contrôle. Il met alors en œuvre des procédures pré-établies de coordination entre le sol et le bord, ces procédures étant couramment regroupées sous la terminologie anglo-saxonne de « Radar Vectoring ». En effet, le contrôleur connaît la position d'un avion qu'il guide grâce à un radar et c'est de cette position sécurisée qu'il déduit la trajectoire à faire suivre à l'avion. Les procédures de « Radar Vectoring » peuvent par exemple permettre d'assurer le croisement de deux avions dans des conditions de sécurité optimum. Elles se basent sur un ensemble d'instructions ou de « consignes » de guidage, également pré-définies, que le contrôleur passe au pilote. Ces consignes sont abusivement regroupées sous la terminologie anglo-saxonne de « clearance ». Le pilote exécute manuellement les consignes de guidage qu'il reçoit les unes à la suite des autres, en confirmant à chaque fois leur exécution au contrôleur. Bien souvent, les consignes sont exclusivement passées oralement par radio VHF, le pilote confirmant l'exécution par phonie également. Certains systèmes récents utilisent parallèlement des liaisons de données numériques pour échanger quelques consignes de guidage, celles-ci étant par exemple au format textuel du standard de messagerie RTCA DO-258, dont des exemples sont donnés par la suite.

Dans certains cas, le pilote met à jour manuellement la trajectoire de référence du plan de vol dans le FMS, pour que celle-ci soit cohérente de la consigne de guidage. Il le fait notamment lorsque la consigne reçue indique également comment rejoindre la trajectoire de référence. Par exemple, sur réception d'une consigne de vol direct « PROCEED DIR TO [PT] » selon la norme RTCA DO-258, où PT est un point de passage de la trajectoire de référence, et qui indique au pilote de prendre le cap direct vers le point PT, le pilote supprime tous les points de passage avant le point PT

n'ayant pas encore été passés dans la trajectoire de référence. La consigne de vol direct est en général donnée par un contrôleur lorsque les contraintes de séparation se relâchent suite à une diminution de la densité du trafic aérien. Elle permet à l'avion de prendre un raccourci sans risque supplémentaire, lorsque le trafic l'autorise. Mais il peut également être envisagé qu'une consigne de vol direct soit donnée dans le cadre d'une procédure d'évitement entre deux avions. A court terme, la trajectoire de référence devient ainsi un segment direct entre la position courante de l'avion et le point PT, les points de passage au-delà de PT dans la trajectoire restant inchangés. La trajectoire de référence, qui est cohérente des mouvements réels de l'avion lorsque le pilote met à jour le FMS en supprimant les points de passage, peut ainsi être utilisée par le pilote automatique en mode « managed » et/ou encore être envoyée sur liaison de données aux centres de contrôle au sol.

Mais parfois, avant même d'avoir atteint le point PT conformément à la consigne de vol direct, le contrôleur peut annuler son instruction précédente « PROCEED DIRECT TO [PT] » ou encore passer une consigne de retour sur le plan de vol « PROCEED BACK ON ROUTE » selon la norme RTCA DO-258, qui indique au pilote de rejoindre la trajectoire de référence initiale du plan de vol. Malheureusement, les points qui précédaient le point PT et qui ont été supprimés manuellement de la trajectoire de référence suite à la consigne de vol direct ne sont plus connus du FMS. Même la fonction d'annulation d'ordre du FMS, connue sous la terminologie anglo-saxonne de fonction « undo », ne peut être utilisée pour les restaurer car elle ne s'applique que sur le plan de vol temporaire. Tout d'abord, cette fonction d'annulation d'ordre ne dispose généralement que d'une mémoire limitée ne stockant que les tous derniers ordres passés, voire uniquement le tout dernier. Il n'est donc pas garanti qu'elle peut remonter suffisamment loin dans les derniers ordres passés, surtout si un grand nombre de points ont été supprimés. Ensuite, même si la mémoire de la fonction d'annulation d'ordre était suffisante, un autre ordre a pu être passé au FMS depuis le passage des ordres de suppression des points, cet ordre n'ayant probablement rien à voir avec l'application de la consigne de vol direct. Très certainement, il ne doit pas être annulé. Mais la fonction d'annulation d'ordre du FMS ne permet pas d'annulation sélective, elle permet uniquement

d'annuler une séquence consécutive plus ou moins longue des derniers ordres passés. Enfin, même si aucun ordre n'avait été passé depuis l'annulation des points, la restauration des points par la fonction d'annulation des ordres ne déboucherait pas sur une situation acceptable. En effet, le
5 plan de vol serait restitué exactement tel qu'il était avant le passage des ordres de suppression. Notamment une partie au moins des informations dynamiques relatives à la progression de l'avion sur le plan de vol correspondraient tout d'un coup à la position de l'avion avant les ordres de suppression et non plus à sa position courante. Par exemple, les premiers
10 points de passage supprimés ne seraient pas marqués comme passés après leur restauration, alors qu'ils sont probablement loin derrière l'avion. Les algorithmes de suivi et de mise à jour de la progression risqueraient d'échouer à gérer cette incohérence subite. La fonction d'annulation d'ordre du FMS ne répond donc définitivement pas au problème opérationnel posé
15 ici. Un FMS actuel ne peut restaurer les points concernés, qui doivent aujourd'hui être considérés comme définitivement effacés. La trajectoire de référence initiale n'est donc plus disponible et le FMS ne peut être d'aucune aide à l'exécution d'une consigne « PROCEED BACK ON ROUTE » de retour sur le plan de vol en l'état actuel des choses.

20 Une première solution est de recopier le plan de vol actif qui est celui couramment suivi par l'avion et mis à disposition des autres systèmes par le FMS, dans un autre plan de vol dit « secondaire » également géré par le FMS. En fonction du système FMS et de sa version, de 1 à 3 plans de vol secondaires peuvent être créés et gérés simultanément, en plus du plan de
25 vol actif. Ils subissent exactement les mêmes traitements que le plan de vol actif, notamment les informations dynamiques relatives à la progression de l'avion sont régulièrement mises à jour en fonction de la position courante de l'avion. Cependant, seul le plan de vol actif est mis à disposition des autres systèmes comme le pilote automatique ou les systèmes au sol de gestion du
30 trafic via des liaisons de données. Les plans de vol secondaires ne sont accessibles qu'au pilote et au co-pilote par l'intermédiaire des interfaces homme-machine du FMS, qui permettent de créer, visualiser, modifier ou supprimer des plans de vol secondaires. Ainsi, sur réception de la consigne de vol direct citée précédemment, le pilote crée d'abord un plan de vol
35 secondaire par copie du plan de vol actif, puis seulement il supprime les

points de passage du plan de vol actif. Sur réception ultérieure de la consigne de retour sur le plan de vol, le pilote active le plan de vol secondaire qu'il vient de créer qui devient donc le plan de vol actif, l'ancien plan de vol actif devenant automatiquement un plan de vol secondaire. Le nouveau plan de vol actif est à jour, notamment en ce qui concerne les informations dynamiques relatives à la progression de l'avion. Le passage d'un plan de vol à l'autre est quasiment transparent et se fait avec une relative continuité.

Mais même si les FMS actuels fournissent tous les services facilitant la création et l'activation d'un plan de vol secondaire à partir du plan de vol actif, ce type de procédure est mis en œuvre dans de trop nombreuses situations, pas seulement dans celle de la consigne de vol direct suivie de la consigne de retour sur le plan de vol. Ainsi, vu les capacités limitées des FMS à gérer des plans de vol secondaires, il peut arriver que le recours à cette procédure ne soit plus possible pour des raisons de saturation du FMS en plans de vol secondaires. Deux alternatives se présentent alors au pilote. Première alternative, le pilote peut supprimer les points de passage dans le plan de vol actif sans la sauvegarde offerte par un plan de vol secondaire. Il risque alors de devoir ultérieurement les ré-introduire manuellement dans le plan de vol actif, s'il reçoit une consigne de retour sur le plan de vol. Le cas échéant, le pilote doit utiliser une version papier du plan de vol qui lui permet de retrouver les points précédemment supprimés. Parfois, il ne les retrouve pas tous, rendant cette procédure bien incertaine. Ensuite, il doit marquer chacun des points ré-introduits ayant été passés par l'avion, ceci en fonction de sa position courante. Il va sans dire que cette procédure manuelle de ré-introduction des points constitue une surcharge de travail non négligeable qui détourne dangereusement le copilote de sa mission nominale. Deuxième alternative, le pilote peut exécuter la consigne de vol direct en vol manuel à vue sans mettre à jour le plan de vol dans le FMS. L'avion ne suit plus son plan de vol et aucune procédure automatique se basant sur le plan de vol ne peut plus être engagée, notamment le pilotage automatique en mode « managed ». De plus, les systèmes au sol reçoivent un plan de vol ne correspondant plus à la trajectoire réelle de l'avion. Là encore, il va sans dire qu'une telle procédure se fait au détriment de la sécurité. Elle ne sera sans doute plus

opérationnelle à l'entrée en service de normes plus strictes qui exploitent un tube « 4D » englobant la route du plan de vol.

5 L'invention a notamment pour but de pallier au moins partiellement aux problèmes précités en conservant les points de passage supprimés dans le plan de vol actif, mais sans les présenter au pilote, ceci en vue de mettre à jour dynamiquement le statut des points supprimés vis-à-vis de la progression de l'avion, en prévision d'une possible restauration de ces points
10 et malgré qu'ils ne soient plus survolés. Elle minimise les interventions manuelles, ne nécessitant même plus l'utilisation d'un plan de vol secondaire. A cet effet, l'invention a pour objet une méthode de changement de la route suivie par un aéronef, l'aéronef suivant initialement une trajectoire prédéfinie à partir d'une séquence de points de passage, la méthode
15 permettant un retour de l'aéronef sur la trajectoire prédéfinie. Les points de passage de la trajectoire prédéfinie sont projetés sur une nouvelle trajectoire selon une fonction de projection assurant que l'ordre de la séquence des points projetés images respecte l'ordre de la séquence des points de passage origines. Le projeté d'un point de passage déjà atteint par l'aéronef
20 est également réputé atteint. Puis, les projetés des points de passage sur la nouvelle trajectoire sont réputés atteints par l'aéronef au fur et à mesure de la progression de celui-ci sur la nouvelle trajectoire. Dans le cas où l'aéronef rejoindrait la trajectoire prédéfinie, il la rejoint au premier point de passage dans l'ordre de la séquence des points dont le projeté n'est pas encore
25 réputé atteint sur la nouvelle trajectoire.

L'invention a également pour objet une méthode de changement de la route suivie par un aéronef, l'aéronef suivant initialement une trajectoire prédéfinie à partir d'une séquence de points de passage, la méthode permettant un retour de l'aéronef sur la trajectoire prédéfinie en sens inverse.
30 Les points de passage de la trajectoire prédéfinie sont projetés sur une nouvelle trajectoire selon une fonction de projection assurant que l'ordre de la séquence des points projetés images respecte l'ordre de la séquence des points de passage origines. Le projeté d'un point de passage déjà atteint par l'aéronef est également réputé atteint. Puis les projetés des points de
35 passage sur la nouvelle trajectoire sont réputés atteints par l'aéronef au fur et

à mesure de la progression de celui-ci sur la nouvelle trajectoire. Dans le cas où l'aéronef rejoindrait la trajectoire prédéfinie en sens inverse, il la rejoint au dernier point de passage dans l'ordre de la séquence des points dont le projeté a été réputé atteint sur la nouvelle trajectoire.

5 Le changement de la route suivie par l'aéronef peut inclure de supprimer des points de passage consécutifs dans la trajectoire prédéfinie, la nouvelle trajectoire pouvant avantageusement être le segment reliant la position de l'aéronef sur la trajectoire prédéfinie au point de passage suivant le dernier point supprimé.

10 La nouvelle trajectoire peut être fournie par un contrôleur de trafic aérien, le contrôleur pouvant déclencher le retour sur la trajectoire prédéfinie.

 Avantageusement, la trajectoire prédéfinie peut faire partie d'un plan de vol géré de manière automatique à bord de l'aéronef par un système dédié. Les points de passage supprimés peuvent être stockés par le système
15 parmi des données stratégiques à grande longévité et les points projetés peuvent être stockés parmi des données tactiques à faible longévité, le système n'effectuant pas de traitements sur les données stratégiques lorsque celles-ci sont supplantées par des données tactiques.

 Avantageusement également, le projeté d'un point de passage
20 supprimé peut être le point de la nouvelle trajectoire situé à la plus courte distance du point de passage supprimé.

 L'aéronef peut éventuellement rejoindre la trajectoire prédéfinie au premier point de passage dans l'ordre de la séquence des points dont le projeté n'est pas encore réputé atteint sur la nouvelle trajectoire et qui
25 permet de rejoindre la trajectoire prédéfinie avec un angle de convergence inférieur à 45 degrés sans faire demi-tour.

 Outre le fait de résoudre un problème opérationnel connu comme
30 celui du retour sur la route initiale du plan de vol, l'invention a encore pour principal avantage qu'elle permet de ne pas monopoliser un plan de vol secondaire. En effet, l'utilisation des plans de vol secondaires est très souvent la panacée à de nombreux autres problèmes opérationnels. L'invention permet ainsi de garder disponibles les plans de vol secondaires
35 pour faire face à d'autres imprévus. Elle permet également de soulager

l'équipage de tâches manuelles fastidieuses nécessitant une attention intense.

5 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard de dessins annexés qui représentent :

- la figure 1 illustre par un schéma un exemple opérationnel de changement de route selon l'invention ;
- 10 - la figure 2 illustre par un schéma un exemple opérationnel de retour sur trajectoire initiale selon l'invention ;
- la figure 3 illustre par un schéma un exemple opérationnel de retour sur une trajectoire initiale, le contrôleur ou le pilote précisant un point de retour ;
- 15 - la figure 4 illustre par un schéma un autre exemple opérationnel de retour sur une trajectoire initiale selon l'invention, la trajectoire étant reprise en sens inverse.

20 La figure 1 illustre schématiquement un exemple opérationnel de changement de route selon l'invention. Par exemple, ce peut être la visualisation d'un plan de vol à un pilote par l'intermédiaire de l'interface homme-machine d'un FMS. Un avion 1 suit une trajectoire prédéfinie 2, celle-ci comportant notamment 6 points de passage AAA, BBB, CCC, DDD, EEE et FFF. Un point de passage correspond à une position définie par une latitude et une longitude, que l'avion 1 doit survoler à une altitude imposée.

25 Sur la figure 1, les 6 points de passage AAA, BBB, CCC, DDD, EEE et FFF n'ont pas encore été survolés par l'avion 1, qui vole couramment le long d'un segment se terminant au point de passage AAA. Alors qu'il vole le segment se terminant au point de passage AAA, l'avion 1 peut par exemple recevoir

30 de son contrôleur au sol une consigne de vol direct vers le point EEE, soit « PROCEED DIR TO EEE ». Cette consigne est généralement donnée par le contrôleur quand l'espace est libre jusqu'au point EEE, sans problème de séparation de trafic. Avantagusement, le pilote peut donc changer de cap

35 pour voler en suivant une trajectoire de déroutement 3 qui est directe entre la

position où se trouve l'avion 1 lorsqu'il reçoit la consigne, nommée FROM selon une terminologie anglo-saxonne indiquant que l'avion 1 vient de cette position, et le point de passage EEE. L'avion 1 n'est plus contraint de passer par les points AAA, BBB, CCC et DDD. Dans l'exemple de la figure 1, la consigne de vol direct vers le point EEE peut donc avantageusement se résumer à la suppression des 4 points de passage consécutifs AAA, BBB, CCC et DDD de la trajectoire 2 et à leur remplacement par un segment reliant la position de l'avion 1 et le point de passage suivant DDD, c'est-à-dire le point EEE.

10 Cependant, l'avion 1 disposant d'un système FMS qui gère automatiquement son plan de vol, celui-ci peut conserver tout de même en mémoire les points de passage AAA, BBB, CCC et DDD ne devant plus être survolés. Il peut ainsi réaliser la projection de ces 4 points sur la trajectoire de déroutement 3. Avantageusement, le point projeté image sur la trajectoire de déroutement 3 d'un point de passage origine de la trajectoire 2 peut
15 simplement être le point de la trajectoire 3 qui se trouve le plus proche du point de passage considéré. Ainsi, dans l'exemple de la figure 1, un point ABAAA est le projeté du point AAA sur la trajectoire de déroutement 3, un point ABBBBB est le projeté du point BBB, un point ABCCC est le projeté du point CCC et un point ABDddd est le projeté du point DDD. Le plan de vol dont la route initiale était « AAA-BBB-CCC-DDD-EEE-FFF » a ainsi été transformé en « ABAAA-ABBBBB-ABCCC-ABDDDD-EEE-FFF » par la
20 consigne de vol direct vers le point EEE. Dans l'exemple de la figure 1, la consigne de vol direct entraîne une déviation latérale : les points AAA, BBB, CCC et DDD sont contournés latéralement ou « par le travers » et non pas par le dessus ou par le dessous. Il est alors usuel en aéronautique de préfixer par « AB » les points d'une trajectoire de déroutement par le travers, « AB » étant l'abréviation du terme anglo-saxon « abeam ».

Avantageusement, le FMS peut gérer simultanément des données
30 de vol dites « de référence » à caractère stratégique, c'est-à-dire à durée de vie longue, avec des données de vol dites « de consigne » à caractère tactique, c'est-à-dire à durée de vie courte. Ainsi, les points de passage AAA, BBB, CCC et DDD, qui sont des données publiées avant même le décollage de l'avion 1, peuvent être stockés comme des données de référence. Dans
35 l'exemple de la figure 1, les points projetés ABAAA, ABBBBB, ABCCC et

ABDDD sont la conséquence d'une décision imprévue et peut-être momentanée du contrôleur, ils peuvent donc être stockés comme des données de consigne. Avantageusement, les prédictions, notamment les heures de passage aux points, peuvent être calculées en priorité sur les données de consigne que sont ABAAA, ABBBB, ABCCC et ABDDD. En effet, les prédictions ne sont plus nécessaires sur les données de référence que sont AAA, BBB, CCC et DDD, ces données de référence ayant été supplantées par les données tactiques ABAAA, ABBBB, ABCCC et ABDDD.

Il est important de noter que la projection réalisée conserve l'ordre de la séquence des points de passage. En effet, en suivant le sens de déplacement de l'avion 1, AAA est le premier point de passage sur la trajectoire 2 et ABAAA est également le premier point projeté sur la trajectoire 3. BBB est le deuxième point de passage et ABBBB est le deuxième point projeté. CCC est le troisième point de passage et ABCCC est le troisième point projeté. Enfin, DDD est le quatrième point de passage et ABDDD est le quatrième point projeté. Les fonctionnalités automatiques de sauvegarde des points de passage supprimés et de projection de ces points sur la trajectoire de déroutement peuvent avantagement faire l'objet d'une évolution de la fonction actuelle de vol direct, qui est d'ores et déjà mise à disposition par les systèmes FMS.

Ultérieurement, le contrôleur au sol peut annuler la consigne de vol direct « PROCEED DIR TO EEE » en passant par exemple une consigne du type « PROCEED BACK ON ROUTE » déjà décrite précédemment. L'avion 1 doit alors reprendre la trajectoire 2 telle que définie initialement, ceci conformément aux modalités pouvant assortir la consigne. Selon ces modalités, l'avion 1 doit repasser par certains points de passage parmi AAA, BBB, CCC et DDD, qui avaient été préalablement supprimés. C'est ce qu'illustrent les figures qui suivent.

30

La figure 2 illustre schématiquement un exemple opérationnel de retour sur trajectoire initiale selon l'invention, dans le cas où ni le contrôleur ni le pilote ne proposeraient un point de retour sur la trajectoire initiale. Pour cela, la figure 2 s'appuie sur le même exemple de changement de route que celui de la figure 1, à savoir le changement de route de l'avion 1 suivant

35

initialement sa trajectoire initiale 2 pour suivre la trajectoire de déroutement 3. Alors qu'il a déjà survolé les points ABAAA et ABBBB représentés sur la figure 1 et qu'il se dirige vers le point ABCCC, l'avion 1 reçoit par exemple une consigne « PROCEED BACK ON ROUTE » sans autre précision. Dans

5 ce cas, le FMS peut proposer automatiquement une trajectoire de retour vers la trajectoire 2. Avantageusement, comme illustré par l'exemple de la figure 2, ce peut être une trajectoire 4 partant de la position courante de l'avion 1 lorsqu'il reçoit la consigne et rejoignant la trajectoire 2 à son premier point de

10 passage dont le projeté n'a pas encore été atteint par l'avion 1 et qui peut être rejoint avec un angle de convergence de moins de 45 degrés sans faire demi-tour. En effet, le premier point de passage dont le projeté n'a pas encore été atteint par l'avion 1 est le point CCC. Mais pour rejoindre le point CCC, deux alternatives se présentent à l'avion 1. La première alternative est

15 de pénétrer la trajectoire 2 au point CCC, mais avec un angle de convergence supérieur à 45 degrés, ce qui n'est pas recommandé. L'angle de convergence est l'angle entre la tangente à la trajectoire 2 au point CCC et la tangente à la trajectoire de pénétration au point CCC. La deuxième alternative est de s'aligner avec la trajectoire 2 en effectuant quasiment un

20 tour complet, ce qui n'est ni économique ni recommandé, la séparation avec les avions devant et derrière étant plus difficile à maintenir. Le point DDD, quant à lui, n'a pas non plus été atteint. Et en plus, il peut être rejoint sans faire demi-tour, puisqu'une variation du cap de l'avion 1 bien inférieure à 90

25 degrés suffit pour rejoindre ce point avec un angle de convergence avec la trajectoire 2 inférieur à 45 degrés. Un demi-tour s'entend comme un changement de cap de l'ordre de sensiblement 180 degrés. Dans l'exemple de la figure 2, c'est donc au point DDD que l'avion rejoint la trajectoire 2, ceci en suivant la trajectoire 4. La fonctionnalité automatique de calcul d'une

30 trajectoire permettant de rallier la trajectoire initiale peut constituer une évolution de la fonction actuelle de retour sur la route du plan de vol, qui est d'ores et déjà mise à disposition par les systèmes FMS.

La figure 3 illustre schématiquement un autre exemple opérationnel de retour sur trajectoire initiale, dans le cas où le contrôleur ou

35 le pilote proposerait un point de retour sur la trajectoire. Pour cela, la figure 3

s'appuie sur le même exemple de changement de route que celui des figures 1 et 2. Comme dans l'exemple de la figure 2, alors qu'il a déjà survolé les points ABAAA et ABBBB représentés sur la figure 1 et qu'il se dirige vers le point ABCCC, l'avion 1 reçoit une consigne « PROCEED BACK ON ROUTE ». Cette fois le pilote décide de sélectionner un point pour rejoindre la trajectoire 2, ce point étant différent du point par défaut DDD : il sélectionne le point BBB. Le FMS propose une trajectoire 5 permettant de rejoindre la trajectoire 2 au point BBB avec un angle de convergence inférieur à 45 degrés. Là encore, cette fonctionnalité automatique de calcul d'une trajectoire permettant de rallier la trajectoire initiale à un point de passage précis peut constituer une évolution de la fonction actuelle de retour sur la route du plan de vol, qui est d'ores et déjà mise à disposition par les systèmes FMS.

15

La figure 4 illustre schématiquement encore un autre exemple opérationnel de retour sur une trajectoire initiale selon l'invention, dans le cas exceptionnel où le contrôleur donne l'ordre de rebrousser chemin. Pour cela, la figure 4 s'appuie sur le même exemple de changement de route que celui des figures 1, 2 et 3. Comme dans l'exemple des figures 2 et 3, alors qu'il a déjà survolé les points ABAAA et ABBBB représentés sur la figure 1 et qu'il se dirige vers le point ABCCC, l'avion 1 peut par exemple recevoir une consigne « PROCEED BACK ON ROUTE ». Mais cette fois le contrôleur peut préciser qu'il faut rejoindre la trajectoire initiale 2 pour la suivre dans le sens inverse afin de rejoindre la base de départ. Le FMS peut proposer une trajectoire 6 permettant de rejoindre en sens inverse la trajectoire 2 au point BBB, qui est le dernier point de passage dont le projeté a été atteint. En effet, BBB précède CCC, qui est le premier point de passage dont le projeté n'a pas encore été atteint. Dans l'exemple de la figure 3, la trajectoire 6 pénètre la trajectoire 2 avec un angle de convergence inférieur à 45 degrés. Là encore, la fonctionnalité automatique de calcul d'une trajectoire permettant de rallier en sens inverse la trajectoire initiale peut constituer une évolution de la fonction actuelle de retour sur la route du plan de vol, qui est d'ores et déjà mise à disposition par les systèmes FMS.

35

Il est important de noter que l'invention est facilement applicable à toute procédure opérationnelle impliquant la suppression de points dans la trajectoire initiale du plan de vol et pour laquelle les points supprimés
5 peuvent être projetés sur la nouvelle trajectoire de manière à ce que l'ordre des points projetés soit le même que l'ordre des points supprimés. Par exemple, elle est applicable au cas simple de suppression d'un point de passage, celui-ci pouvant être projeté sur le segment reliant le point qui le précède et le point qui le suit, le rang du point ainsi projeté étant le même
10 que le rang du point supprimé.

L'invention décrite précédemment présente un coût de mise en œuvre assez faible dans les systèmes FMS existants. En effet, elle peut être
15 vue comme une simple amélioration des fonctions de trajectographie déjà implémentées dans ces systèmes. Au niveau de l'affichage, les fonctions existantes de visualisation couvrent déjà les besoins plutôt classiques de l'invention. Notamment, l'invention ne nécessite l'intégration d'aucun nouveau sous-système. Seule la phase de validation demande un jeu de
20 scénarii assez conséquent, ceci pour assurer une couverture suffisante des multiples cas de trajectoires prédéfinies et de trajectoires de déroutement.

REVENDICATIONS

1. Méthode de changement de la route suivie par un aéronef (1), l'aéronef (1) suivant initialement une trajectoire prédéfinie (2) à partir d'une séquence de points de passage (AAA, BBB, CCC, DDD, EEE, FFF), la méthode permettant un retour de l'aéronef (1) sur la trajectoire prédéfinie (2), caractérisée en ce que :
- les points de passage (AAA, BBB, CCC, DDD) de la trajectoire prédéfinie (2) sont projetés sur une nouvelle trajectoire (3) selon une fonction de projection assurant que l'ordre de la séquence des points projetés images (ABAAA, ABBBB, ABCCC, ABDDD) respecte l'ordre de la séquence des points de passage origines (AAA, BBB, CCC, DDD), le projeté d'un point de passage déjà atteint par l'aéronef (1) étant également réputé atteint ;
 - les projetés des points de passage (ABAAA, ABBBB, ABCCC, ABDDD) sur la nouvelle trajectoire (3) sont réputés atteints par l'aéronef (1) au fur et à mesure de la progression de celui-ci sur la nouvelle trajectoire (3) ;
- l'aéronef (1) rejoignant la trajectoire prédéfinie (2) au premier point de passage (CCC) dans l'ordre de la séquence des points dont le projeté (ABCCC) n'est pas encore réputé atteint sur la nouvelle trajectoire (3).
2. Méthode de changement de la route suivie par un aéronef (1), l'aéronef (1) suivant initialement une trajectoire prédéfinie (2) à partir d'une séquence de points de passage (AAA, BBB, CCC, DDD, EEE, FFF), la méthode permettant un retour de l'aéronef (1) sur la trajectoire prédéfinie (2) en sens inverse, caractérisée en ce que :
- les points de passage (AAA, BBB, CCC, DDD) de la trajectoire prédéfinie (2) sont projetés sur une nouvelle trajectoire (3) selon une fonction de projection assurant que l'ordre de la séquence des points projetés images (ABAAA, ABBBB, ABCCC, ABDDD) respecte l'ordre de la séquence des points de passage origines (AAA, BBB, CCC, DDD), le projeté d'un point de passage déjà atteint par l'aéronef (1) étant également réputé atteint ;
 - les projetés des points de passage (ABAAA, ABBBB, ABCCC, ABDDD) sur la nouvelle trajectoire (3) sont réputés atteints par

l'aéronef (1) au fur et à mesure de la progression de celui-ci sur la nouvelle trajectoire (3) ;

l'aéronef (1) rejoignant la trajectoire prédéfinie (2) en sens inverse au dernier point de passage (BBB) dans l'ordre de la séquence des points
5 dont le projeté (ABBBB) a été réputé atteint sur la nouvelle trajectoire (3).

3. Méthode selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que le changement de la route suivie par l'aéronef (1) inclut de supprimer des points de passage consécutifs (AAA, BBB, CCC, DDD) dans la trajectoire
10 prédéfinie (2).

4. Méthode selon la revendication 3, caractérisée en ce que la nouvelle trajectoire (3) est le segment reliant la position (FROM) de l'aéronef (1) sur la trajectoire prédéfinie (2) au point de passage (EEE) suivant le
15 dernier point supprimé (DDD) dans la trajectoire prédéfinie (2).

5. Méthode selon la revendication 4, caractérisée en ce que la nouvelle trajectoire (3) est fournie par un contrôleur de trafic aérien, le contrôleur déclenchant le retour sur la trajectoire prédéfinie (2).
20

6. Méthode selon la revendication 5, caractérisée en ce que la trajectoire prédéfinie (2) fait partie d'un plan de vol géré de manière automatique à bord de l'aéronef (1) par un système dédié, les points de passage supprimés (AAA, BBB, CCC, DDD) étant stockés par le système parmi
25 des données stratégiques à grande longévité et les points projetés (ABAAA, ABBBB, ABCCC, ABD DD) étant stockés parmi des données tactiques à faible longévité, le système n'effectuant pas de traitements sur les données stratégiques lorsque celles-ci sont supplantées par des données tactiques.

30

7. Méthode selon la revendication 4, caractérisée en ce que le projeté d'un point de passage supprimé est le point de la nouvelle trajectoire (3) situé à la plus courte distance du point de passage supprimé.

8. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'aéronef (1) rejoint la trajectoire prédéfinie (2) au premier point de passage dans l'ordre de la séquence des points (DDD) dont le projeté n'est pas encore réputé atteint sur la nouvelle trajectoire (3) et qui permet de rejoindre la
- 5 trajectoire prédéfinie (2) avec un angle de convergence inférieur à 45 degrés sans faire demi-tour.

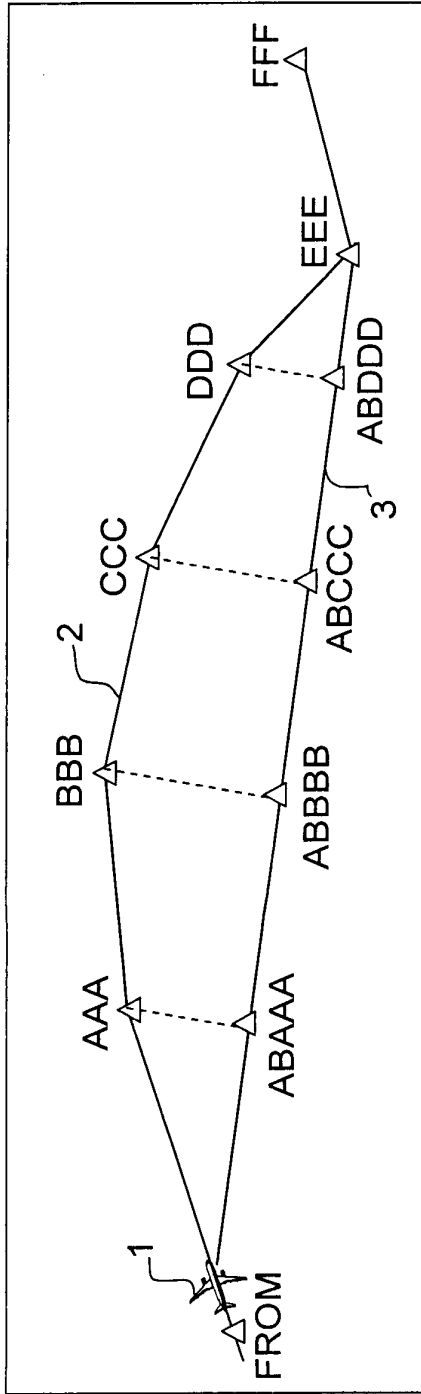


FIG. 1

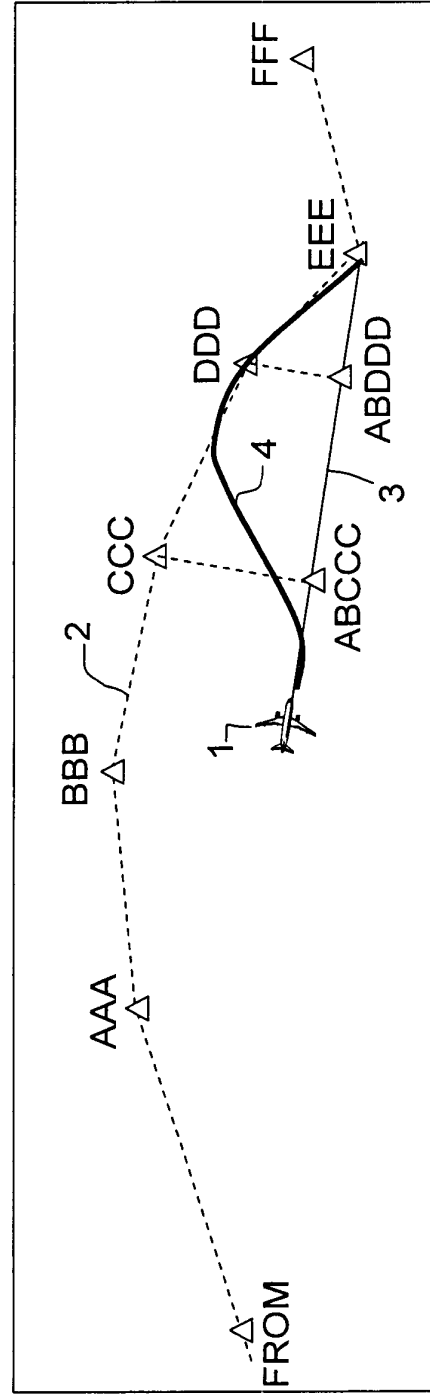


FIG. 2

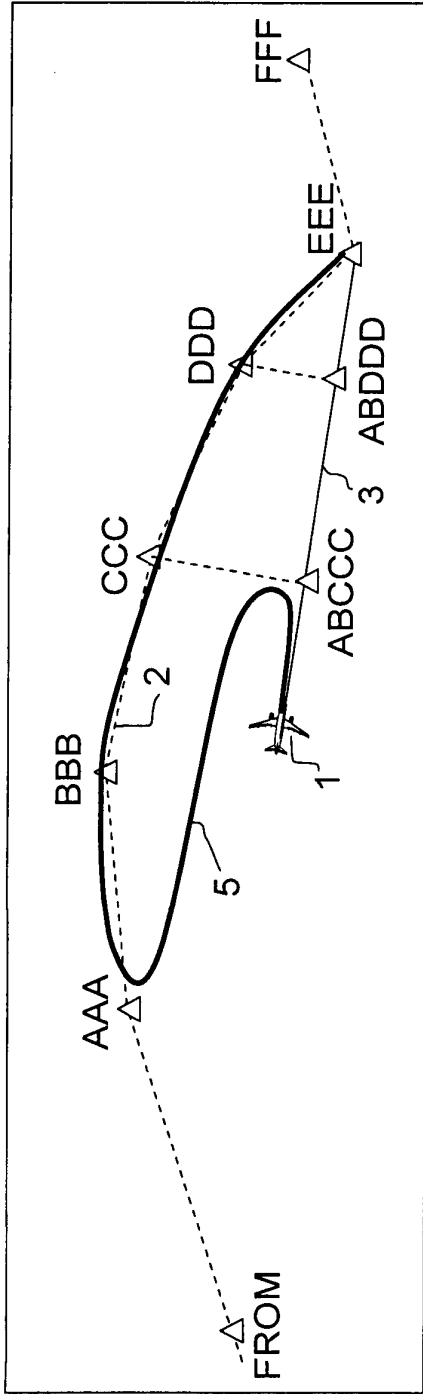


FIG. 3

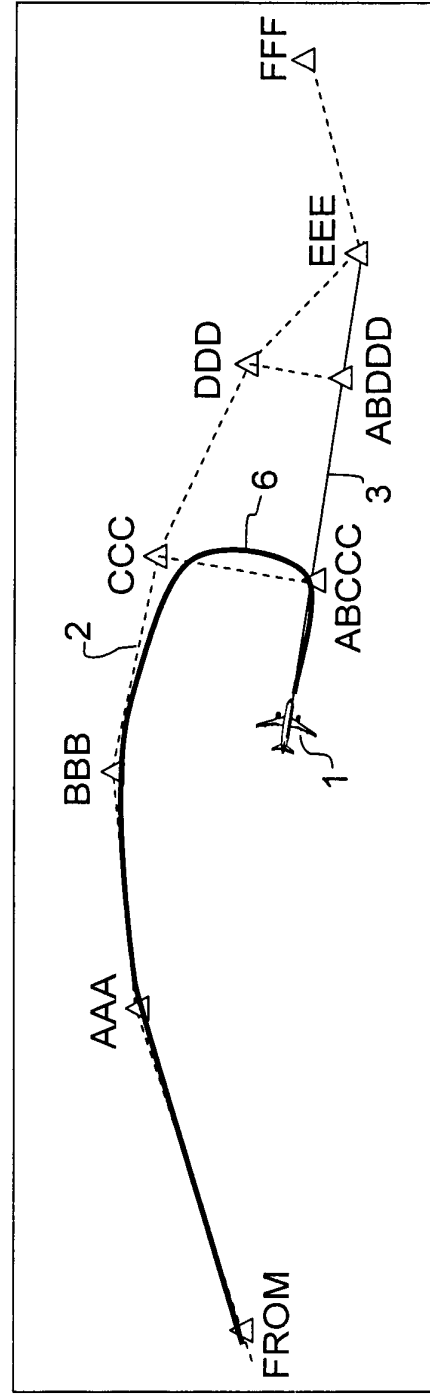


FIG. 4

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 686771
FR 0607632

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2005/012837 A (HONEYWELL INT INC [US]; PECKHAM ROGER D [US]; RUMBO JIMMY RAY [US]) 10 février 2005 (2005-02-10) * page 1, alinéa 3 - page 3, alinéa 9 * * page 5, alinéa 23 - page 10, alinéa 42 *	1-8	
A	US 6 163 744 A1 (ONKEN REINER [DE] ET AL) 19 décembre 2000 (2000-12-19) * colonne 1, ligne 5 - colonne 2, ligne 12 * * colonne 5, ligne 12 - colonne 6, ligne 27; figures 4,5 * * colonne 7, ligne 10 - colonne 12, ligne 50 *	1-8	
A	US 6 246 957 B1 (BARRER JOHN N [US] ET AL) 12 juin 2001 (2001-06-12) * colonne 1, ligne 5 - colonne 2, ligne 6 * * colonne 5, ligne 55 - colonne 6, ligne 58 *	1-8	
A	US 5 646 854 A1 (BEVAN ERIK THANE [US]) 8 juillet 1997 (1997-07-08) * le document en entier *	1-8	
A	WO 02/29363 A (HONEYWELL INT INC [US]) 11 avril 2002 (2002-04-11) * le document en entier *	1-8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G05D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 mars 2007		BURCHIELLI, M	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0607632 FA 686771**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **22-03-2007**

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

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2005012837 A	10-02-2005	EP 1649248 A1 US 2006025899 A1	26-04-2006 02-02-2006
US 6163744 A1		AUCUN	
US 6246957 B1	12-06-2001	AUCUN	
US 5646854 A1		AUCUN	
WO 0229363 A	11-04-2002	EP 1322916 A2 US 6922631 B1	02-07-2003 26-07-2005