

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication : 2 955 192
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
21 N° d'enregistrement national : 10 00104

51 Int Cl⁸ : G 08 G 5/00 (2006.01), G 01 C 21/20

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 12.01.10.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 15.07.11 Bulletin 11/28.

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) : COULMEAU FRANCOIS, MARTY NICOLAS, BLANCHON XAVIER et GAMÉT PIERRE.

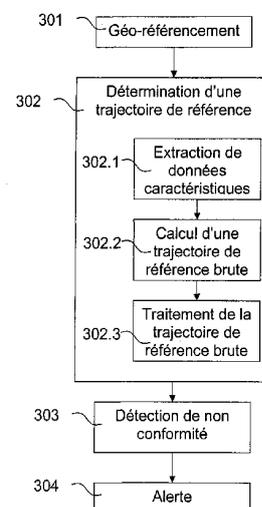
73 Titulaire(s) : THALES Société anonyme.

74 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

54 PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR VERIFIER LA CONFORMITE D'UNE TRAJECTOIRE D'UN AERONEF.

57 L'invention concerne un procédé et dispositif pour vérifier la conformité d'une trajectoire calculée par un système de gestion du vol d'un aéronef par rapport à des données de référence comportant une carte de référence. Le procédé comporte les étapes suivantes:

- le géo-référencement (301) de la carte de référence,
- la détermination (302) d'une trajectoire de référence à partir de la carte de référence géo-référencée,
- la détection (303) de non-conformité dans la trajectoire calculée par le système de gestion du vol par comparaison de la trajectoire calculée par le système de gestion du vol avec la trajectoire de référence,
- l'émission (304) d'une alerte si une non-conformité est détectée.



FR 2 955 192 - A1



Procédé et dispositif pour vérifier la conformité d'une trajectoire d'un aéronef

L'invention concerne la gestion du vol d'un aéronef et plus
5 particulièrement, la vérification de la conformité d'une trajectoire calculée par
un système de gestion du vol.

La gestion du trafic aérien en général et les réglementations en
matière de sécurité et donc de séparation vis a vis du relief et de ségrégation
entre aéronefs ont imposé depuis très longtemps aux organismes étatiques
10 et aux autorités aéroportuaires la publication de procédures de décollage ou
d'atterrissage garantissant la sécurité des vols en partance ou en arrivée sur
les aérodromes.

Ces procédures, graphiques et textuelles ont longtemps existé
sous une seule forme papier. Avec l'avènement des systèmes de gestion du
15 vol est apparue la nécessité de gérer électroniquement l'ensemble des
procédures de décollage ou d'atterrissage, publiées par les états.

Actuellement, les procédures textuelles et graphiques sont
fournies par les états membres de l'Organisation de l'aviation civile
internationale aux fournisseurs de base de données de navigation et sont
20 transformées par ces fournisseurs en suite de legs. Un leg est une portion de
plan de vol définie par certains paramètres (par exemple : règles de position,
altitude, cap/route). Les règles de codification pour l'aviation civile sont
décrites dans un document international du comité ARINC (le document
ARINC 424). La norme actuelle est l'issue 17 de ce document.

La figure 1 représente un diagramme d'un procédé de
25 détermination de trajectoire selon l'art connu. Ce procédé comprend : la
conception de procédure de vol 102 à partir de données brutes 101 issues
des états. Cette étape est réalisée à l'aide d'outils de conception dédiés tels
GeoTitan. Ces données brutes enrichies de procédures sont codées 103
30 dans la norme ARINC 424, puis intégrées 104 à un système de gestion du
vol. Le système de gestion du vol se base sur ces données codées pour
calculer 105 des trajectoires de vol.

Un des principes les plus importants dans la production de bases
de données de navigation est la non corruption des données, à savoir le
35 procédé de numérisation n'introduit pas de dégradations de la procédure.

La gestion d'une trajectoire à partir des procédures publiées implique donc de traiter dans le système de gestion du vol, l'ensemble des legs définis dans l'ARINC424-17, soit 20 legs et 3 holds (hippodrome d'attente), et surtout toute la combinatoire d'enchaînement de ces legs.

5 Les legs définis actuellement sont :

- Des legs dit " Fix ", dont la terminaison est un waypoint (point de passage) publié et fixe sur terre,

- Des legs dits " flottants ", dont la terminaison est donnée par une condition variable (par exemple des legs en altitude qui se terminent quand
10 l'avion a atteint l'altitude en question), et

- Des legs de " procédure " d'attente (Holding Pattern, de 3 types) et d'inversion en approche (1 type).

- Les legs " Fix " sont au nombre de huit, les legs flottants au nombre de onze et les legs de procédures au nombre de quatre.

15 Le tableau ci-après présente ces différents legs :

Leg	Nom	Signification
IF	Initial Fix	Point initial fixe au sol
CF	Course To a Fix	Rejointe/Suivi d'une route sol jusqu'à un point fixe
DF	Direct to a Fix	Rejointe directe (droite) d'un point fixe
TF	Track between two Fixes	Orthodromie entre 2 points fixes
AF	Arc DME to a Fix	Définit un arc de cercle autour d'une balise DME à distance spécifiée, avec une limite d'ouverture.
RF	Radius to a Fix	Définit un arc de cercle entre 2 points fixes (le 1 ^{er} point étant le fix du leg précédent), sur un centre du cercle fixé.
VI CI	Heading to Intercept Course to Intercept	Définit un cap à suivre jusqu'à interception du leg suivant Définit une route à suivre jusqu'à interception du leg suivant
VA CA	Heading to Altitude Course to Altitude	Définit un cap à suivre jusqu'à une altitude donnée Définit une route à suivre jusqu'à une altitude donnée
FA	Fix to Altitude	Définit une route à suivre, partant d'un point fixe, jusqu'à une altitude donnée

VD CD	Heading to DME Distance Course to DME Distance	Définit un cap à suivre jusqu'à interception d'un arc DME spécifié Définit une route à suivre jusqu'à interception d'un arc DME spécifié
VR CR	Heading to Radial Course to Radial	Définit un cap à suivre jusqu'à interception d'une radiale spécifiée Définit une route à suivre jusqu'à interception d'une radiale spécifiée
FC FD	Track from Fix to Distance Track from Fix to DME Distance	Définit une route à suivre partant d'un fix, sur une distance spécifiée Définit une route à suivre partant d'un fix, jusqu'à intercepter un arc DME (distance DME spécifiée)
VM	Heading to Manual	Définit un cap sans terminaison (demi-droite infinie)
FM	Fix to Manual	Définit une route, partant d'un fix, sans terminaison (demi-droite infinie)
HA		Circuit d'hippodrome, avec condition de sortie en Altitude
HF		Circuit d'hippodrome, avec un seul tour
HM		Circuit d'hippodrome manuel, sans condition de sortie
PI	Fix to Manual	Procédure d'éloignement définie par une route d'éloignement partant d'un fix, suivie d'un demi-tour, et interception de la route d'éloignement initiale pour le retour.

En outre, les normes en vigueur limitent le nombre de combinaisons de legs en interdisant certains enchainements de legs. Ainsi sur 529 combinaisons de legs possibles environ seulement 360 sont autorisées. Ce très grand nombre de procédures a principalement deux impacts négatifs : les mises au point de trajectoires dans les systèmes de gestion du vol sont délicates à cause de cette combinatoire et la dispersion en terme de position latérale peut être très importante avec les legs flottants.

Un des buts de l'invention est d'améliorer la robustesse des systèmes de gestion du vol embarqués en assurant que la construction de la trajectoire par le système embarqué correspond effectivement à la procédure telle que définie par les autorités de navigation aérienne.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé pour vérifier la conformité d'une trajectoire calculée par un système de gestion du vol d'un aéronef par rapport à des données de référence comportant une carte de

référence, ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- le géo-référencement de la carte de référence,
- la détermination d'une trajectoire de référence à partir de la carte de référence géo-référencée,
- la détection de non-conformité dans la trajectoire calculée par le système de gestion du vol par comparaison de la trajectoire calculée par le système de gestion du vol avec la trajectoire de référence,
- l'émission d'une alerte si une non-conformité est détectée.

Selon une caractéristique de l'invention, la détermination d'une trajectoire de référence à partir de la carte de référence comprend :

- l'extraction de données caractéristiques de la carte de référence,
- le calcul d'une trajectoire de référence brute à partir des données caractéristiques,
- un traitement de la trajectoire de référence brute.

Avantageusement, la trajectoire calculée par le système de gestion du vol étant une succession de segments de vol, le procédé comprend en outre une étape de caractérisation fonctionnelle de la trajectoire de référence décomposant la trajectoire de référence en portions de trajectoire élémentaires et en ce que la détection de non-conformité comprend en outre la comparaison des portions de trajectoire élémentaires avec les segments de vol de la trajectoire calculée par le système de gestion vol.

Selon une caractéristique de l'invention, la comparaison de la trajectoire calculée par le système de gestion du vol avec la trajectoire de référence comprend :

- la mise à une échelle commune des deux trajectoires,
- l'extraction d'une portion de trajectoire de la trajectoire de référence,
- le calcul d'une image comportant les deux trajectoires mises à une échelle commune.

Avantageusement, les données de référence comportent une pluralité de cartes décrivant chacune une procédure de vol, les étapes de géo-référencement et de détermination d'une trajectoire de référence étant appliquée à chacune des cartes, l'étape de comparaison étant précédée par une étape de fusion des différentes trajectoires calculées.

Selon une variante de l'invention, la carte de référence est une carte papier et en ce que le procédé comporte en outre une étape de numérisation de la carte papier, la carte numérisée comportant des points élémentaires, l'étape d'extraction de données caractéristiques de la carte de référence mettant en œuvre une méthode de reconnaissance de formes appliquée à la carte numérisée, le traitement de la trajectoire de référence brute visant à assurer la continuité de la trajectoire de référence, et la comparaison de la trajectoire calculée par le système de gestion du vol avec la trajectoire de référence comprenant la comparaison de l'image comportant les trajectoires superposées avec une image comportant uniquement la trajectoire référence, une non-conformité étant détectée si le nombre de points élémentaires différents entre les deux images est supérieur à un premier seuil prédéterminé.

Selon une autre variante de l'invention, la carte de référence est une carte numérique comportant des objets graphiques l'étape d'extraction de données caractéristiques de la carte de référence mettant en œuvre une méthode de vectorisation appliquée à la carte, le traitement de la trajectoire de référence brute visant à déterminer les caractéristiques mathématiques des éléments de la trajectoire brute pour en tirer une succession de segments droits et d'arcs, la comparaison de la trajectoire calculée par le système de gestion du vol avec la trajectoire de référence comprenant un calcul de surface entre la trajectoire calculée et la trajectoire de référence figurant sur l'image comportant les deux trajectoires superposées, une non-conformité étant détectée si la surface dépasse un second seuil prédéterminé.

Avantageusement, la détermination d'une trajectoire de référence à partir de la carte de référence géo-référencée comporte en outre une sous-étape de traitement d'image pour de retirer des éléments perturbateurs

Avantageusement, la carte de référence comportant des courbes de niveau, il comprend en outre une étape de comparaison de la trajectoire calculée avec des données d'une base de données terrain pour détecter des conflits entre la trajectoire et des obstacles situés au sol, la base de données terrain comprenant de données extraites des courbes de niveau de la carte de référence.

L'invention concerne aussi un dispositif pour vérifier la conformité d'une trajectoire calculée par un système de gestion du vol d'un aéronef par rapport à des données de référence comportant une carte de référence, ledit dispositif étant caractérisé en ce qu'il comporte :

- 5 - des moyens pour le géo-référencement de la carte de référence,
- des moyens pour la détermination d'une trajectoire de référence à partir de la carte de référence géo-référencée,
- des moyens pour la détection de non-conformité dans la trajectoire calculée par le système de gestion du vol par comparaison de la
- 10 trajectoire calculée par le système de gestion du vol avec la trajectoire de référence,
- des moyens pour l'émission d'une alerte si une non-conformité est détectée.

Selon une variante de l'invention, le dispositif pour vérifier la conformité d'une trajectoire est embarqué à bord de l'aéronef.

Selon une autre variante de l'invention, le dispositif pour vérifier la conformité d'une trajectoire est situé au sol dans une unité de contrôle aérien.

L'invention a pour avantage d'améliorer la robustesse des systèmes de gestion du vol embarqués, mais aussi de diminuer le risque d'excursion hors de la procédure par une détection, au sol ou à bord, des conflits éventuels.

L'invention permet détecter à bord de l'aéronef automatiquement que la trajectoire calculée par les systèmes embarqués correspond à la

25 procédure « papier » publiée par les états.

L'invention peut aussi être utilisée par le contrôle aérien pour vérifier ces mêmes informations. Actuellement, un contrôleur aérien dispose d'outils pour vérifier que le plot radar avion (l'écho radar capté par les radars sol et affiché sur l'écran du contrôleur en surimposition du maillage de

30 l'espace aérien) est sur le plan de vol déposé par la compagnie. Mais ces outils ne permettent pas d'anticiper que le plan de vol calculé correspond à ce qui lui sert de référence. La question se pose en particulier en cas de téléchargement de l'avion vers le sol (ou downlink) régulier du plan de vol courant.

Enfin, l'invention permet de détecter au sol en phase de conception d'un FMS que l'ensemble des trajectoires issues des procédures correspondent aux données étatiques.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée faite à titre d'exemple non limitatif et à l'aide des figures parmi lesquelles :

La figure 1, déjà présentée, représente un diagramme d'un procédé de détermination de trajectoire selon l'art connu.

La figure 2 représente un exemple de carte selon l'art connu.

La figure 3 représente un organigramme du procédé selon l'invention.

La présente invention permet la comparaison d'une trajectoire calculée par un système de gestion du vol d'un aéronef avec une trajectoire de référence publiée sous la forme d'une carte papier ou numérique.

Selon l'art connu, une procédure de vol est décrite sous la forme de données brutes comportant une carte et des instructions. La figure 2 illustre un exemple d'une telle carte. Cette carte représente notamment une procédure de décollage depuis l'aéroport de Toulouse-Blagnac. Cette carte est accompagnée des instructions suivantes décrivant la trajectoire de référence 201: « Après décollage, suivre la RDL144 (RM144) en montée vers le niveau assigné. A 4000 AMSL minimum et pas avant 8 NM TOU, tourner à droite pour intercepter et suivre le RDL176 (RM356) jusqu'à TOU. A TOU, suivre le RDL356 (RM356) jusqu'à FISTO (47NM TOU) ». Les différents points de repère indiqués dans ces instructions entre parenthèses sont signalés par des bulles sur la carte.

Cette procédure a été codée par un fournisseur de base de données de navigation de la façon suivante :

LFBO14R : point de départ, seuil de piste,
1000 : leg CA à 1000 pieds, route 144°,
TOU8D : leg CF, terminaison TOU8 avec passage sur le point,
route 144°,
4000 : Leg CA, terminaison 4000 pieds, route 144°,
INTCPT : Leg CI, interceptant le leg suivant sur la route 311°,
TOU : Leg CF, terminaison TOU, route 356°,
FISTO : Leg CF, terminaison FISTO, route 356°.

Sur cette carte est aussi représentée, la trajectoire 202 telle que calculée par le système bord (type FMS), en fonction des capacités de l'aéronef et des ses modes de guidage.

Deux raisons peuvent expliquer une divergence entre la trajectoire de référence et la trajectoire calculée par le système de gestion du vol. La première est une erreur de codage de la procédure qui nécessite d'être corrigée. La seconde est l'emploi de legs flottants. Ces legs dépendent directement de la capacité de l'aéronef. C'est le cas par exemple pour les virages. Ces divergences entre la trajectoire de référence et la trajectoire calculée par le système de gestion du vol ne nécessitent pas de correction. Il convient donc de distinguer ces deux types d'écart et donc de vérifier si une divergence est acceptable.

Selon une première variante de réalisation de l'invention, la carte de référence est une carte papier. Le procédé comporte alors une étape de numérisation de la carte papier. La carte numérisée comporte des points élémentaires.

Selon une seconde variante de réalisation de l'invention, la carte de référence est une carte numérique comportant des objets graphiques.

La figure 3 représente un organigramme du procédé selon l'invention. Le procédé selon l'invention vise à vérifier la conformité de la trajectoire calculée par un système de gestion du vol par rapport à des données de référence comportant une carte de référence. Le procédé comporte les étapes suivantes :

- le géo-référencement 301 de la carte de référence,
- la détermination 302 d'une trajectoire de référence à partir de la carte de référence géo-référencée,
- la détection 303 de non-conformité dans la trajectoire calculée par le système de gestion du vol par comparaison de la trajectoire calculée par le système de gestion du vol avec la trajectoire de référence,
- l'émission 304 d'une alerte si une non-conformité est détectée.

L'étape de géo-référencement 301 extrait les paramètres d'une carte aéronautique afin d'en déduire des échelles horizontales et verticales ainsi que la direction du nord. Son but est ensuite de mettre à une échelle prédéterminée à ladite carte.

L'étape de détermination 302 d'une trajectoire de référence à partir de la carte de référence comprend les sous-étapes suivantes :

- l'extraction 302.1 de données caractéristiques de la carte de référence,
- le calcul 302.2 d'une trajectoire de référence brute à partir des données caractéristiques,
- un traitement 302.3 de la trajectoire de référence.

Dans la première variante de réalisation de l'invention, la sous étape d'extraction 302.1 des données caractéristiques est réalisée par traitement d'image, par exemple en mettant en œuvre une méthode de reconnaissance de formes appliquée à la carte numérisée.

On peut citer par exemple : les techniques classiques et connues d'OCR (Reconnaissance de caractères) pour tout les informations textuelles, les transformées permettant extraire les lignes et courbes (comme par exemple la transformée de « Hough ») ou les transformées d'extraction/séparations de forme diverses (comme par exemple les techniques de Borgfors Chamfrein).

Dans la seconde variante de réalisation de l'invention, la sous étape d'extraction 302.1 des données caractéristiques est réalisée par traitement d'éléments associés à la carte (vecteurs, points) fournis dans le cadre de la numérisation et de la vectorisation de la carte de référence.

La trajectoire de référence brute est une succession d'éléments de trajectoire correspondant à la procédure, extraits de la carte (points, segments de trajectoire, pistes, balises ...) sous forme de points élémentaires dans la première variante ou de vecteurs dans la seconde variante.

Avantageusement, la détermination 302 d'une trajectoire de référence à partir de la carte de référence géo-référencée comporte en outre une sous-étape de traitement d'image pour de retirer des éléments perturbateurs tels que les coupes terrain qui apparaissent comme des courbes de niveau colorées.

Dans la première variante de réalisation de l'invention, le traitement 302.3 de la trajectoire de référence brute vise à assurer la continuité de la trajectoire. En effet, la numérisation de la carte produit une trajectoire constituée d'une succession de points élémentaires qui ne sont pas nécessairement adjacents.

Dans la deuxième variante de réalisation de l'invention, le traitement 302.3 consiste à déterminer les caractéristiques mathématiques des éléments de la trajectoire brute pour en tirer une succession de segments droits et d'arcs.

5 Ce traitement vise aussi à « dilater la trajectoire » en fonction de critères de tolérance déterminés pour les procédures avec des exigences de précision de navigation horizontale de type RNP (pour Required Navigation Performance).

10 Ce traitement permet également d'extraire d'autres éléments caractéristiques tels que des points de passage en fonction des légendes applicables (par exemple certains fournisseurs de cartes utilisent un triangle pour matérialiser un point de passage et un rectangle pour matérialiser une piste), et extraire le nom de chaque point de passage parmi les « textes » environnants chaque triangle/rectangle.

15 L'étape de détection 303 de non-conformité dans la trajectoire calculée par le système de gestion du vol est réalisée par comparaison de la trajectoire calculée par le système de gestion du vol avec la trajectoire de référence.

20 Cette étape comprend en premier lieu la superposition de la trajectoire de référence avec la trajectoire calculée. Dans la première variante de réalisation de l'invention, cela comprend une mise à l'échelle de l'image comportant la trajectoire de référence et la superposition de la trajectoire calculée sur cette image. Dans la deuxième variante de réalisation de l'invention, elle comporte une mise à une même échelle des vecteurs de
25 la trajectoire calculée et de la trajectoire de référence.

Selon une caractéristique de l'invention, la comparaison est précédée d'une étape d'extraction d'une portion de trajectoire de la trajectoire calculée. En effet, de façon générale, la trajectoire de référence correspond à une procédure standard, par exemple une procédure
30 d'approche standard dite STAR (pour « Standard Terminal Arrival Route» ou « Route d'arrivée standardisée en zone terminale) qui ne représente qu'une partie de la trajectoire calculée par le système de gestion du vol. Avant la comparaison des trajectoires, seule la portion de trajectoire calculée correspondant à la procédure standard considérée (par exemple l'approche)
35 est extraite.

Avantageusement, les données de référence comportent une pluralité de cartes décrivant chacune une procédure de vol, les étapes de géo-référencement et de détermination d'une trajectoire de référence étant appliquée à chacune des cartes, l'étape de comparaison étant précédée par
5 une étape de fusion des différentes trajectoires calculées. Plusieurs cartes et donc plusieurs trajectoires de référence sont superposées. Ceci a pour avantage ne pas tronçonner la trajectoire calculée. Par exemple, on peut utiliser une carte de STAR et une carte d'approche et les comparer à la trajectoire calculée sur la base d'un couple STAR et approche.

10 L'étape de comparaison comporte le calcul d'une image comportant deux trajectoires mise à l'échelle superposées.

Dans la première variante de réalisation de l'invention, la détection comprend la comparaison de l'image de la carte comportant la trajectoire de référence avec l'image comportant les deux trajectoires superposées. S'il y a
15 des différences entre ces deux images, alors cela signifie la trajectoire calculée est différente de la trajectoire de référence. Une non-conformité est détectée si le nombre de points élémentaires différents entre les deux images est supérieur à un premier seuil prédéterminé.

Dans la deuxième variante de réalisation de l'invention, la
20 détection comprend le calcul de la surface entre la trajectoire calculée et la trajectoire de référence figurant sur l'image comportant les deux trajectoires superposées. La figure 2 illustre un exemple 203 d'une telle surface. Une non-conformité est détectée si la surface dépasse un second seuil prédéterminé.

25 Avantageusement, la trajectoire calculée par le système de gestion du vol étant une succession de segment de vol, le procédé comprend en outre une étape de caractérisation fonctionnelle de la trajectoire de référence décomposant la trajectoire de référence en portions de trajectoire élémentaires et en ce que la détection de non-conformité comprend en outre
30 la comparaison des portions de trajectoire élémentaire avec les segments de vol de la trajectoire calculée par le système de gestion vol. Il est alors possible de comparer par exemple une succession de traits droits et de sens de virages, sans superposer les images. Par exemple, si la trajectoire de référence comporte un trait droit, puis un virage à gauche puis un trait droit

puis un virage à droite, on peut vérifier que la trajectoire calculée suit le même découpage.

Avantageusement, on associe des longueurs à chacun des segments droits ou des virages pour affiner la comparaison.

5. Avantageusement, le procédé selon l'invention comprend en outre une étape de comparaison de trajectoire calculée avec une base de données terrain pour détecter des conflits entre la trajectoire et des obstacles au sol. La base de données terrain comprend de données extraites des courbes de niveau de la carte de référence.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour vérifier la conformité d'une trajectoire calculée par un système de gestion du vol d'un aéronef par rapport à des données de référence comportant une carte de référence, ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- le géo-référencement (301) de la carte de référence,
- la détermination (302) d'une trajectoire de référence à partir de la carte de référence géo-référencée,
- 10 - la détection (303) de non-conformité dans la trajectoire calculée par le système de gestion du vol par comparaison de la trajectoire calculée par le système de gestion du vol avec la trajectoire de référence,
- l'émission (304) d'une alerte si une non-conformité est détectée.

15 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la détermination d'une trajectoire de référence à partir de la carte de référence comprend :

- l'extraction (302.1) de données caractéristiques de la carte de référence,
- le calcul (302.2) d'une trajectoire de référence brute à partir des données caractéristiques,
- 20 - un traitement (302.3) de la trajectoire de référence brute.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, la trajectoire calculée par le système de gestion du vol étant une succession de segments de vol, le procédé comprend en outre une étape de caractérisation fonctionnelle de la trajectoire de référence décomposant la trajectoire de référence en portions de trajectoire élémentaires et en ce que la détection de non-conformité comprend en outre la comparaison des portions de trajectoire élémentaires avec les segments de vol de la trajectoire calculée par le système de gestion vol.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la comparaison (303) de la trajectoire calculée par le système de gestion du vol avec la trajectoire de référence comprend :

- 35 - la mise à une échelle commune des deux trajectoires,
- l'extraction d'une portion de trajectoire de la trajectoire de référence,

- le calcul d'une image comportant les deux trajectoires mises à une échelle commune.

5 5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les données de référence comportent une pluralité de cartes décrivant chacune une procédure de vol, les étapes de géo-référencement (301) et de détermination (302) d'une trajectoire de référence étant appliquée à chacune des cartes, l'étape de comparaison (303) étant précédée par une étape de fusion des différentes trajectoires calculées.

10

6. Procédé selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que la carte de référence est une carte papier et en ce que le procédé comporte en outre une étape de numérisation de la carte papier, la carte numérisée comportant des points élémentaires, l'étape d'extraction (301) de données caractéristiques de la carte de référence mettant en œuvre une méthode de reconnaissance de formes appliquée à la carte numérisée, le traitement (302) de la trajectoire de référence brute visant à assurer la continuité de la trajectoire de référence, et la comparaison (303) de la trajectoire calculée par le système de gestion du vol avec la trajectoire de référence comprenant la comparaison de l'image comportant les trajectoires superposées avec une image comportant uniquement la trajectoire référence, une non-conformité étant détectée si le nombre de points élémentaires différents entre les deux images est supérieur à un premier seuil prédéterminé.

25

7. Procédé selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que la carte de référence est une carte numérique comportant des objets graphiques l'étape d'extraction (301) de données caractéristiques de la carte de référence mettant en œuvre une méthode de vectorisation appliquée à la carte, le traitement (302) de la trajectoire de référence brute visant à déterminer les caractéristiques mathématiques des éléments de la trajectoire brute pour en tirer une succession de segments droits et d'arcs, la comparaison (303) de la trajectoire calculée par le système de gestion du vol avec la trajectoire de référence comprenant un calcul de surface entre la trajectoire calculée et la trajectoire de référence figurant sur l'image

35

comportant les deux trajectoires superposées, une non-conformité étant détectée si la surface dépasse un second seuil prédéterminé.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la détermination (302) d'une trajectoire de référence à partir de la carte de référence géo-référencée comporte en outre une sous-étape de traitement d'image pour de retirer des éléments perturbateurs

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, la carte de référence comportant des courbes de niveau, il comprend en outre une étape de comparaison de la trajectoire calculée avec des données d'une base de données terrain pour détecter des conflits entre la trajectoire et des obstacles situés au sol, la base de données terrain comprenant de données extraites des courbes de niveau de la carte de référence.

10. Dispositif pour vérifier la conformité d'une trajectoire calculée par un système de gestion du vol d'un aéronef par rapport à des données de référence comportant une carte de référence, ledit dispositif étant caractérisé en ce qu'il comporte :

- des moyens pour le géo-référencement de la carte de référence,
- des moyens pour la détermination d'une trajectoire de référence à partir de la carte de référence géo-référencée,
- des moyens pour la détection de non-conformité dans la trajectoire calculée par le système de gestion du vol par comparaison de la trajectoire calculée par le système de gestion du vol avec la trajectoire de référence,
- des moyens pour l'émission d'une alerte si une non-conformité est détectée.

11. Dispositif pour vérifier la conformité d'une trajectoire selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il est embarqué à bord de l'aéronef.

12. Dispositif pour vérifier la conformité d'une trajectoire selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il est situé au sol dans une unité de contrôle aérien.

1/3

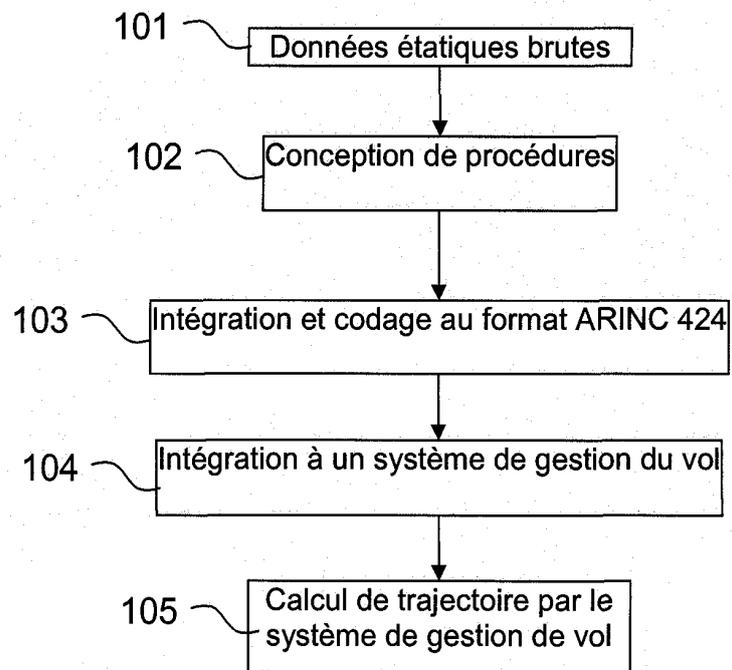


FIG.1

3/3

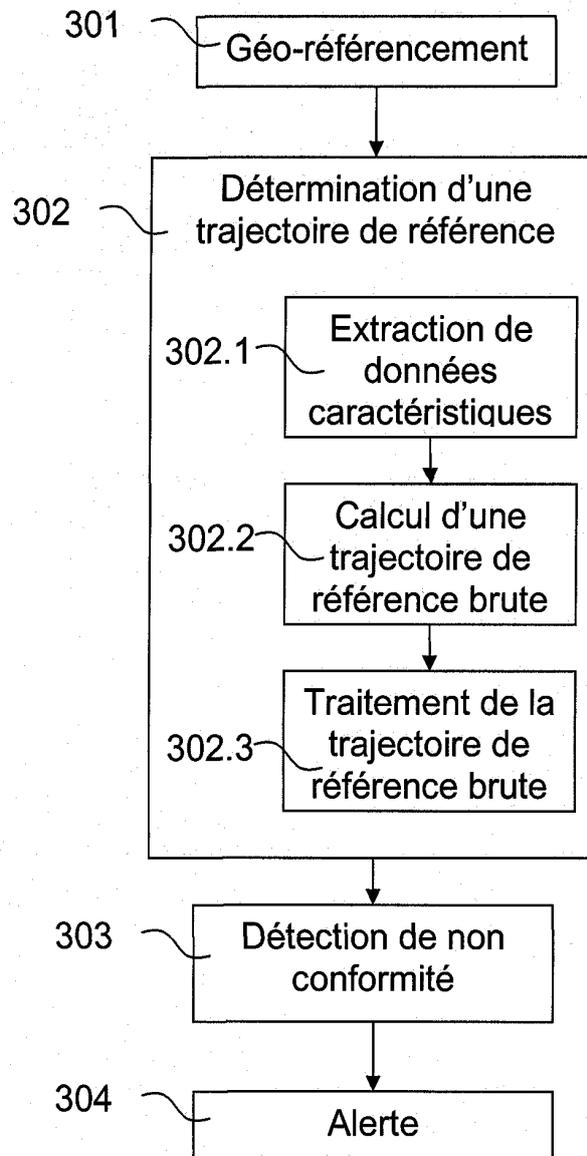


FIG.3



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 733333
FR 1000104

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		
A	US 2008/140269 A1 (NAIMER JOACHIM LAURENZ [CH] ET AL) 12 juin 2008 (2008-06-12) * Alinéas [0017], [0018], [0043], [0049]-[0054] *	1-12	G08G5/00 G01C21/20
A	WO 2009/035757 A2 (SANDEL AVIONICS INC [US]; BLOCK GERALD J [US]) 19 mars 2009 (2009-03-19) * Alinéas [0002], [0003], [[0027]-[0030] *	1-12	
A	US 2008/103641 A1 (RATCLIFFE THOMAS L [US]) 1 mai 2008 (2008-05-01) * Alinéas [0002], [0004], [0007], [0008], [0022]-[0025] *	1-12	
A	FR 2 893 158 A1 (THALES SA [FR]) 11 mai 2007 (2007-05-11) * abrégé *	9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G08G
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		20 septembre 2010	Bourdier, Renaud
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1000104 FA 733333**

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 **20-09-2010**

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
US 2008140269	A1	12-06-2008	AUCUN	

WO 2009035757	A2	19-03-2009	AUCUN	

US 2008103641	A1	01-05-2008	AUCUN	

FR 2893158	A1	11-05-2007	WO 2007054477 A1	18-05-2007
			US 2009182764 A1	16-07-2009
