

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 14.11.07.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 15.05.09 Bulletin 09/20.

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.

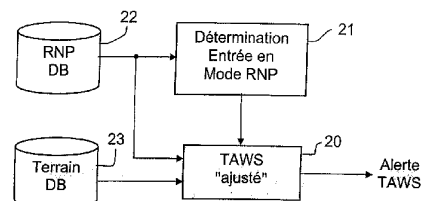
72 Inventeur(s) : MEUNIER HUGUES, MARTY NICO-
LAS et SALLIER AURELIE.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

54 PROCÉDE DE PROTECTION PAR SIGNALISATION D'UN AERONEF CONTRE LES RISQUES DE COLLISION
AVEC LE TERRAIN LORS DE PROCEDURES A COULOIR DE PROTECTION REDUIT.

57 La présente invention est relative à un procédé de protection par signalisation contre les risques de collision avec le terrain en approche d'un aéronef dans des environnements encaissés, en vue d'éviter des alertes intempestives émanant des palpeurs du système TAWS embarqué tout en protégeant l'aéronef lorsqu'il ne respecte pas la procédure publiée, et ce, aussi bien en procédure d'atterrissage qu'en procédure de décollage, et il est caractérisé en ce qu'il consiste à modifier les caractéristiques des palpeurs en fonction de l'écart de position de l'aéronef par rapport à la trajectoire RNP imposée.



**PROCEDE DE PROTECTION PAR SIGNALISATION D'UN AERONEF
CONTRE LES RISQUES DE COLLISION AVEC LE TERRAIN LORS DE
PROCEDURES A COULOIR DE PROTECTION REDUIT**

5 La présente invention se rapporte à un procédé de protection par signalisation d'un aéronef contre les risques de collision avec le terrain lors de procédures à couloir de protection réduit, en vue d'éviter des alertes intempestives émanant des palpeurs du système embarqué de signalisation automatique de risques de collision avec le terrain.

10 La présente invention se rapporte à un procédé de protection par signalisation d'un aéronef contre les risques de collision avec le terrain lors de procédures à couloir de protection réduit avec des fonctions spécifiques à ces procédures, en vue d'éviter des alertes intempestives émanant des palpeurs du système embarqué de signalisation automatique de risques de collision avec le terrain.

15 Les systèmes embarqués de signalisation automatique de risques de collision avec le terrain, communément désignés par le terme « TAWS » (« Terrain Awareness & Warning System ») sont des calculateurs autonomes ou intégrés avec d'autres fonctions telles que le TCAS et WXR dans des systèmes embarqués de type ISS (« Integrated Surveillance System » pour système de surveillance intégré). Ces
20 systèmes TAWS remplissent une fonction de surveillance d'anticollision (« Safety Net ») avec le terrain et ont pour but l'émission d'alertes sonores lors d'une approche non intentionnelle avec du relief, permettant ainsi à l'équipage de réagir en engageant une ressource verticale (dite « PullUp ») pour éviter le relief avant qu'il ne soit trop tard. Pour ce faire, les systèmes TAWS, indépendamment des systèmes de
25 navigation de bord, comparent périodiquement la trajectoire prédite de l'aéronef – y compris la trajectoire théorique que décrirait l'aéronef lors d'une ressource de type « PullUp » - au terrain survolé obtenu à partir d'un modèle numérique de terrain (préférentiellement mondial) embarqué à bord du calculateur.

30 Afin de satisfaire des demandes croissantes en termes de capacité et d'efficacité du trafic aérien, en particulier pour permettre l'accès à certains terrains dans des environnements encaissés (tels que Palm Springs, en Californie ou Queenstown, en Nouvelle Zélande) de nouvelles procédures d'approche ont été

introduites (dès 2005 aux USA, puis ailleurs). Ces approches sont connues sous le vocable RNP et en particulier pour certaines sous le nom – RNP AR APCH (RNP Authorization Required Approach), précédemment appelées RNP SAAAR (Required Navigation Performance- Special Aircraft Aircrew Authorization Required) Elles sont définies dans les documents de l'OACI référencés PBN N° 5 9613 et de la FAA Notice 8260.52 (PBN pour : Performance Based Navigation).

La conception de ces procédures d'approche est assez flexible dans leur élaboration, car cette conception s'appuie sur l'exigence d'un haut niveau, défini par des normes, de précision et d'intégrité de positionnement à bord de l'aéronef qui sera amené à suivre cette approche. Les procédures (trajectoires prédéfinies) RNP 10 définissent un corridor élaboré avec un « encadrement » latéral et vertical déterminé avec un haut niveau d'intégrité prédéfini. Les approches RNP AR APCH correspondent à des approches avec des RNP (distance latérale de la trajectoire de l'aéronef au bord le plus proche du couloir) compris typiquement entre 0.3 NM et 0.1 15 NM (NM pour : miles nautiques), c'est-à-dire que la distance pour laquelle sont définies ces procédures RNP AR APCH est égale à 2 fois la valeur du RNP entre la route à suivre et chaque coté de la procédure de sorte à protéger la route de l'aéronef d'obstacles potentiels avec une probabilité de 1.10^{-5} , la tolérance d'écart latéral de 0,3 à 0,1 NM par rapport à la trajectoire RNP AR APCH idéale prescrite étant 20 donnée pour 95% des cas.. De plus, ces approches nécessitent que l'aéronef et l'équipage soient dotés de qualifications spéciales pour être effectuées.

On notera qu'il existe actuellement plusieurs procédures de type RNP et similaires (« low RNP », « RNP AR APCH », « RNAV »,...). Dans la suite du texte, elles seront simplement dénommées RNP, étant bien entendu que ce terme désigne 25 ici toute procédure à couloir de protection réduit.

Lors de telles approches RNP, la trajectoire à suivre est souvent proche du terrain et selon un cheminement prédéfini, rarement en ligne droite. Un système TAWS se révèle donc, encore plus que pour d'autres approches ou situations proches du sol, être une aide précieuse et même est obligatoire pour effectuer ce type 30 d'approches.

Mais plus encore que pour d'autres approches, un tel système TAWS se doit de ne pas générer d'alertes intempestives. En effet, de telles alertes peuvent mettre l'aéronef dans des situations extrêmement difficiles, car des manœuvres d'évitement ne sont pas toujours faciles à exécuter le long de telles approches.

5 Or, la conception des TAWS actuels est telle que les logiques de protection et d'avertissement sont totalement indépendantes des trajectoires effectuées par l'aéronef, car les trajectoires à protéger sont souvent moins contraintes, avec ou sans FMS engagé, que ces nouvelles approches, qui rappelons-le, nécessitent des autorisations spéciales au cas par cas pour pouvoir être suivies.

10 En conséquence, bien que les logiques TAWS soient bien dimensionnées pour les cas généraux, elles peuvent être la source d'alertes intempestives lors du déroulement des approches RNP, et en particulier RNP AR APCH, car les logiques d'alerte actuelles sont basées sur une prédiction de la position future de l'aéronef qui peut ne pas être réellement la position que l'aéronef aura quelques instants plus tard.

15 Typiquement, les systèmes TAWS actuels sont basiquement constitués au minimum d'un ou deux (voire plusieurs) palpeurs (en anglais : « clearance sensor »), c'est-à-dire des surfaces virtuelles calculées par le calculateur de bord et délimitant un volume d'exploration de l'espace qui est comparé à la topographie du terrain correspondant telle que fournie par une base de données de terrain embarquée.

20 L'origine de ces palpeurs se trouve à la position prédite de l'aéronef, et composée d'une extrapolation de la trajectoire courante suivie par une trajectoire représentant, compte tenu d'une marge, une trajectoire d'évitement, et ce dans un secteur latéral pour tenir compte de tolérances latérales.

Ces palpeurs sont déterminés à partir de paramètres de l'aéronef tels que

25 position, vitesses, cap ou route, altitudes ou hauteurs, ... fournis par les senseurs à bord de cet aéronef.

Ces palpeurs servent à déterminer les risques de collision de terrain en utilisant une base de données contenant au minimum les élévations des différentes zones survolées.

30 Comme illustré sur la figure 1, le premier palpeur (1) est déterminé au plus quelques secondes devant l'aéronef (2) et est dédié à la génération d'une alerte de

type « warning » (avertissement de danger impliquant une manœuvre de ressource dite « Pull Up ») . Avantageusement, un autre palpeur est déterminé (3), plus en avant de l'aéronef (typiquement 30 secondes), et est dédié à la génération d'une alerte de type « caution » (c'est-à-dire : « attention ! ») de moindre importance.

- 5 Comme illustré sur la figure 1, qui se rapporte au cas d'une trajectoire initiale rectiligne, suivie, peu après l'instant auquel a été représenté l'aéronef, d'une trajectoire obliquant vers la droite, tant que cette trajectoire est rectiligne, ces palpeurs ont comme axe de génération commun la route instantanée 4 de l'aéronef. Les problèmes posés par la trajectoire curviligne (5) sont exposés ci-dessous en
- 10 référence aux figures 3 à 5 tout particulièrement pour le palpeur « Caution », même si dans une moindre mesure ce problème concerne également le palpeur « warning » dès lors que son début n'est pas géo-localisé avec la position courante de l'aéronef.

- Dans certains systèmes TAWS, l'axe de génération du palpeur « caution », comme celui du palpeur « warning », est situé dans l'axe de la route instantanée de
- 15 l'aéronef (comme représenté en figure 1). Dans d'autres systèmes TAWS plus élaborés, l'un au moins des palpeurs, et en particulier le palpeur « caution », est situé et orienté le long de la trajectoire prédite de l'aéronef, selon une loi qui est fonction de tout ou partie du taux de roulis instantané. De plus, l'angle d'ouverture (angle de chacun des cotés du palpeur par rapport à son axe de génération: α_{1g} et α_{1d} pour le
- 20 palpeur 1) et α_{3g} et α_{3d} pour le palpeur 3) des palpeurs est plus ou moins grand, en s'ouvrant dans le sens du virage, selon une loi qui est fonction de tout ou partie du taux de roulis instantané, comme représenté en figure 1.

- On a représenté en figures 2 (en vue latérale) et 2A (en vue de dessus) des schémas explicatifs d'un palpeur classique tel que considéré pour la présente
- 25 invention, mais sans exclure d'autres formes de palpeurs sur lesquelles la présente invention serait appliquée. Ce palpeur est élaboré de sorte à couvrir le cas d'une manœuvre « pull-up » qu'un aéronef A (représenté en un instant T_0) doit engager au plus tard en un point P1 (que l'aéronef atteindra au bout d'un laps de temps T_r) afin d'éviter un obstacle OBST (une colline, par exemple) situé devant l'aéronef A. Une
- 30 distance verticale entre le palpeur et l'obstacle OBST est définie de sorte que la ressource que doit entamer l'aéronef A au plus tard au point P1 soit telle que la

trajectoire TR2 de l'aéronef au-delà de P1 permette de conserver au moins une marge M avec l'obstacle. Sur la vue de dessus de la figure 2A, on a représenté en R la direction de la route de l'aéronef avant qu'il n'entame sa manœuvre d'évitement d'obstacle vers la droite. On y a représenté en traits gras les limites latérales de son

5 palpeur « warning ». La limite gauche fait un angle α_G (typiquement $1,5^\circ$) par rapport à la direction R, et la limite gauche fait un angle α_D , supérieur à α_G , par rapport à la direction R.

La figure 3 se rapporte au cas où l'aéronef 2 est sur le point d'amorcer une trajectoire courbe 5 vers la droite, en l'absence de trajectoire RNP publiée. Dans le

10 cas de systèmes TAWS connus plus élaborés, le système calcule alors un palpeur « warning » 1A dont l'axe de génération est orienté selon l'axe instantané de l'aéronef à l'endroit de début de ce palpeur et dont l'angle d'ouverture α_{1Ad} est supérieur à l'angle α_{1d} de la figure 1, et un palpeur « caution » 3A également orienté selon l'axe instantané de l'aéronef à l'endroit de début de ce palpeur

15 (notablement désaxé par rapport à l'axe de la trajectoire 4 et dont l'angle d'ouverture α_{3Ad} est supérieur à l'angle α_{3d} de la figure 1.

Même si une telle prédiction peut encore être acceptable pour le palpeur « warning », elle peut se révéler « fantaisiste » pour le palpeur « caution » par rapport à la réalité de la procédure. Les positions prédites peuvent ainsi être

20 notablement décalées par rapport à la tolérance de position acceptée (1 ou 2 RNP). De même, le secteur d'exploration (l'angle d'ouverture du palpeur) peut être notablement désaxé par rapport à la très probable orientation future de l'aéronef. En effet :

- Ainsi que représenté en figure 4, en présence d'un « point tournant » 6 sur la

25 trajectoire au devant de l'aéronef 7 prédéterminé par la procédure publiée RNP que doit suivre obligatoirement l'aéronef, le palpeur « caution » 8 peut être situé et rester orienté selon la trajectoire prédite 9, totalement différente de la position et de l'orientation future probable de l'aéronef dans 30 secondes (trajectoire RNP 10 obliquant vers la droite à partir du point

30 tournant 6), d'où une augmentation certaine de la probabilité de générer des

alertes intempestives. Sur cette figure 4, comme sur les figures suivantes, la trajectoire RNP a été représentée par un « couloir » délimité par des traits gras interrompus et son axe est représenté par un trait gras continu. Bien entendu, la largeur de ce couloir est modulée en fonction de la définition de la procédure.

- 5
- De même, si la trajectoire prédite de l'aéronef, selon une loi qui est fonction de tout ou partie du taux de roulis instantané, est plus forte (comme en figure 5) ou plus faible que le taux de virage effectif de la trajectoire prescrite par la procédure publiée RNP, elle peut se révéler « fantaisiste » par rapport à la
- 10
- réalité de la procédure et être ainsi notablement décalée par rapport à la trajectoire à suivre. La prise en compte du roulis instantané de l'aéronef 7 pour déterminer la position du palpeur caution 12 peut entraîner ce palpeur à examiner un secteur inapproprié, en dehors de la trajectoire RNP 11.

Il est à noter que, même si pour de telles approches l'aéronef doit être qualifié

15

pour effectuer des approches RNP et possède des systèmes de bord garantissant la précision et l'intégrité de la position aéronef, son TAWS doit rester opérationnel pour surveiller les erreurs d'altitude et pour intervenir en cas de non respect de la précision requise, par exemple en cas de défaillance de certains systèmes de bord.

Cela implique donc pour le TAWS d'avoir un fonctionnement avec le moins

20

d'alertes intempestives quand l'aéronef respecte la procédure prescrite, et en revanche de conserver totalement son mode nominal d'alerte dès lors que cette procédure n'est plus respectée.

La présente invention a pour objet un procédé de protection par signalisation contre les risques de collision avec le terrain en phase d'approche d'un aéronef dans

25

des environnements contraints, en vue d'éviter des alertes intempestives émanant des palpeurs du système TAWS embarqué de signalisation automatique de risques de collision avec le terrain, tout en protégeant l'aéronef lorsqu'il ne respecte pas la procédure publiée, et ce, aussi bien en procédure d'atterrissage qu'en procédure de décollage.

La présente invention a également pour objet un dispositif de mise en œuvre de ce procédé, dispositif qui soit facile à mettre en place et ne nécessite que le minimum possible de modifications des équipements existants.

Le procédé conforme à l'invention est caractérisé en ce qu'il consiste, lorsque
5 l'aéronef suit une procédure RNP, à ajuster les caractéristiques d'un palpeur au moins d'un système TAWS embarqué de signalisation automatique de risques de collision avec le terrain aux caractéristiques de la trajectoire RNP imposée telle que définie dans une base de données embarquée dans l'aéronef.

Avantageusement, le procédé conforme à l'invention est caractérisé en ce
10 qu'il consiste à modifier les caractéristiques d'un ou des palpeurs tels que définis actuellement dans les TAWS existants en termes de position et/ou d'orientation et/ou d'ouverture de ceux-ci en fonction de l'écart transversal de position de l'aéronef par rapport à la trajectoire RNP imposée.

Selon une caractéristique de l'invention, le système détermine la période
15 de temps pendant laquelle ces modifications des caractéristiques des palpeurs sont appliquées, c'est à dire quand l'aéronef suit une procédure RNP.

Selon une caractéristique de l'invention, une alerte spécifique (« typiquement « Recover Altitude ») est émise quand en mode RNP le système détermine sous l'altitude prescrite de la trajectoire RNP, une distance entre le profil
20 d'un palpeur et le profil du terrain survolé inférieure à un seuil prédéterminé.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation, pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par le dessin annexé, sur lequel :

- 25
- les figures 1 à 5, déjà décrites ci-dessus, sont des schémas simplifiés explicitant la formation des palpeurs d'un système TAWS et mettant en évidence les problèmes pouvant survenir lors du respect d'une trajectoire RNP selon les procédés de l'art antérieur,
 - la figure 6 est un schéma explicitant la mise en œuvre du procédé
- 30 conforme à la présente invention, et

- les figures 7 et 8 sont des blocs-diagrammes simplifiés de deux variantes d'un système mettant en œuvre le procédé de l'invention.

Le procédé de l'invention a pour but de répondre aux objectifs opérationnels attendus des systèmes TAWS et aux limitations actuelles de leur fonctionnement lors d'approches RNP, à savoir :

- minimisation des alertes intempestives potentielles lors de ces approches de type RNP,
- protection classique dès lors que la procédure n'est plus suivie, c'est-à-dire basculement en fonctionnement classique du TAWS.

Par ailleurs, le procédé de l'invention a pour but de répondre aux objectifs opérationnels attendus des systèmes TAWS avec le minimum de modifications des logiques de ces systèmes, c'est à dire en respectant et en étant compatibles des principes actuellement mis en œuvre dans ces TAWS dits « classiques ».

Le procédé de l'invention s'appuie sur la prise en compte par le système TAWS de la procédure RNP AR APCH à suivre (également dénommée ici procédure RNP), telle qu'est publiée. Chaque procédure RNP compatible avec les possibilités du TAWS est mémorisée dans l'équipement (ou fournie par un autre équipement de bord tel que le FMS ou autre- voire obtenue par « Datalink »).

Afin de minimiser les alertes intempestives potentielles lors des approches de type RNP, le procédé de l'invention consiste à utiliser la procédure RNP publiée (la trajectoire à suivre) pour positionner et/ou orienter au mieux les palpeurs, tout particulièrement le palpeur « caution » qui est le plus éloigné de l'aéronef, de sorte à limiter les excursions angulaires du ou des palpeurs considérés.

On a schématisé en figure 6 la façon dont le procédé de l'invention fait modifier la position et/ou l'orientation d'au moins un des palpeurs du système TAWS. Sur ce schéma, on suppose que juste avant d'entamer un virage sur la droite imposé par une trajectoire RNP publiée 13 à partir d'un point tournant 14, l'aéronef 15 suivait une trajectoire rectiligne 16 et que le palpeur « warning » 17 est centré sur cette trajectoire 16 et contient le point tournant 14. Sans l'intervention du procédé de l'invention, le palpeur « caution » 18 serait également centré sur la trajectoire 16,

c'est-à-dire complètement hors de la trajectoire RNP 13.

Or, grâce au procédé de l'invention, le mode de prédiction de la position et/ou de l'orientation et/ou de l'ouverture prend en compte la trajectoire RNP prédéfinie. En conséquence le palpeur « caution » est contraint avec une ouverture
5 déterminée et/ou à occuper une position et/ou une orientation tenant compte de la trajectoire RNP : la position du nouveau palpeur « caution » 18A est déterminée selon la trajectoire publiée en tenant compte du biais de position latérale de l'aéronef vis à vis de cette trajectoire publiée. Dans le présent exemple, la position prédite du début du palpeur est figurée par un segment 19, légèrement décalé latéralement par
10 rapport à l'axe 13A de la trajectoire 13, mais l'origine de ce palpeur est contenu dans les limites du couloir de la trajectoire RNP. L'orientation du palpeur 18A peut également coïncider avec celle du segment 15A indiquant la position prédite de début de ce palpeur. Avantageusement cette orientation peut tenir compte du taux de virage nécessaire entre 2 segments de la trajectoire prédite. Par ailleurs, dans le cas
15 présent, l'angle d'ouverture du palpeur 18A reste celui d'une trajectoire rectiligne (le même angle que celui du palpeur 18). Avantageusement, l'angle d'ouverture d'au moins ce palpeur peut être modulé en tenant compte des changements de direction entre deux segments consécutifs de cette trajectoire RNP publiée.

Dès lors que l'aéronef s'écarte trop de la trajectoire prescrite, une protection
20 de type classique doit être fournie par le TAWS. La position prédite le long de la trajectoire n'est plus forcément dans ce cas la position la plus probable. Un retour au mode nominal (prédiction de la position des palpeurs comme actuellement effectué dans les systèmes TAWS classiques) est nécessaire.

En conséquence, selon une autre caractéristique de l'invention, le mode de
25 fonctionnement du système TAWS dépend de l'écart latéral de la position estimée de l'aéronef par rapport à la trajectoire prescrite. Cet écart est en général fourni par le FMS à bord de l'aéronef ou dérivé du facteur de qualité de navigation déterminé par le FMS de bord.

Les différentes possibilités de mise en œuvre de ce processus sont alors les
30 suivantes (les seuils des écarts de position mentionnés ci-dessous peuvent être adaptés à chaque cas d'utilisation) :

- 5 ○ si la position estimée présente un écart latéral de moins de 1 RNP par rapport à la trajectoire prescrite, le positionnement et/ou l'orientation du ou des palpeurs ainsi que leur angle d'ouverture se font comme exposé ci-dessus en référence à la figure 6. Dans ce mode le TAWS ne fonctionne plus en mode « classique » mais en mode « RNP ».

10 ○ si la position estimée présente un écart latéral de plus de 2 RNP par rapport à la trajectoire prescrite, le positionnement et/ou l'orientation et/ou l'angle d'ouverture des palpeurs continuent d'être déterminés selon l'art antérieur par le TAWS fonctionnant de façon classique (mode « classique »).

15 ○ si la position estimée présente un écart latéral de plus de 1 RNP mais de moins de 2 RNP par rapport à la trajectoire prescrite, la position et/ou l'orientation et/ou l'angle d'ouverture des palpeurs résultent d'une combinaison (telle que le moyennage) entre les deux méthodes précédentes (mode de « transition »). Il est à noter que ce mode peut ne pas exister dans certaines implémentations de l'invention si les bornes basse et haute correspondent au même écart latéral.

Ce nouveau mode de fonctionnement « RNP » (ou ces nouveaux modes de fonctionnement « RNP » et de « Transition ») peut (peuvent) être enclenché(s) automatiquement (à défaut d'autres commandes manuelles ou issues par exemple du FMS) par détection de la correspondance à un instant donné de la position estimée avec un point de ces procédures (à l'arrivée comme au décollage), typiquement un des points d'entrée de ces procédures

On notera que, bien entendu, la réduction des alertes intempestives passe avantageusement aussi par :

- 1) l'utilisation d'une Base de Données Terrain avec une plus grande résolution que celle utilisée dans les TAWS de l'art antérieur (typiquement 30 ou 15 arc-secondes),
- 2) l'ajustement de la largeur des palpeurs à une valeur compatible avec la largeur autorisée de la procédure RNP ou de la précision de la position de l'aéronef. Typiquement, actuellement la largeur de ce pied est prise égale à

100 m correspondant à l'imprécision de position à 1 sigma du GPS

- 3) L'ajustement de la longueur du palpeur localement en fonction des caractéristiques de la trajectoire (par exemple le taux de virage de la procédure en certains points,..). Typiquement dans l'art antérieur, la longueur des palpeurs est ajustée en fonction de la proximité avec la piste la plus proche pour les aéroports en zone montagneuse.
- 4) L'ajustement localement de la position longitudinale origine des palpeurs (en particulier du palpeur caution) en fonction des caractéristiques de la trajectoire (par exemple le taux de virage de la procédure en certains points,..)
- 5) L'ajustement localement de la pente des palpeurs (en particulier du palpeur caution) en fonction des caractéristiques de la trajectoire (par exemple le taux de virage de la procédure en certains points,..).

On a représenté en figures 7 et 8 les blocs-diagrammes de modes de réalisation possibles d'un système mettant en œuvre le procédé de l'invention.

Le mode de réalisation de la figure 7 comporte essentiellement un TAWS classique adapté de façon à modifier les caractéristiques des palpeurs en fonction de l'écart de position de l'aéronef par rapport à la trajectoire RNP imposée, comme expliqué ci-dessus en référence à la figure 6, tout en ayant un comportement de TAWS classique en l'absence d'engagement de procédure RNP, et avantageusement un mode de fonctionnement de « transition » entre les 2 modes opératoires.

Le TAWS 20 est chargé d'émettre les alertes en mode de fonctionnement classique ainsi que lors du suivi de la procédure RNP. Le TAWS 20 est piloté par un dispositif 21 d'activation du mode RNP. Cette activation (ou inhibition) du mode RNP permet de basculer entre le mode RNP et le mode classique, toutefois avantageusement avec une fonction de transition entre les 2 modes, qui effectue un moyennage (ou barycentrage) entre les positions et/ou orientations et/ou ouvertures du ou des palpeurs entre les valeurs qu'il(s) aurai(en)t dans chacun des modes, afin de permettre une transition "souple" (sans variations brusques d'une position/orientation/ouverture à une autre).

L'entrée dans le mode RNP est conçue comme le résultat d'une comparaison de la position courante de l'aéronef avec la ou les positions des points d'entrée d'une procédure RNP mémorisée, si le résultat de cette comparaison est inférieur à un écart maximum (typiquement de + ou - 1 ou 2 RNP).

- 5 La présence dans le mode est conçue comme la correspondance de la position courante de l'aéronef avec un point quelconque sur la procédure RNP mémorisée, compte tenu d'un écart maximum latéral (typiquement de + ou - 1 ou 2 RNP).

Le maintien dans le mode RNP est conçu soit comme la correspondance de la position courante de l'aéronef avec un point sur la procédure RNP mémorisée,
10 compte tenu d'un écart maximum latéral (typiquement de + ou - 1 ou 2 RNP), soit comme la prédiction, compte tenu des vitesses et route instantanées de l'aéronef et avantageusement de son roulis et/ou de ses dynamiques, de la coïncidence de la position de l'aéronef avec un point quelconque de la procédure RNP mémorisée, compte tenu d'un écart maximum latéral (typiquement de + ou - 1 ou 2 RNP).

- 15 Une base de données RNP-DB 22 est reliée aux deux dispositifs 20 et 21, tandis que le TAWS 20 est relié par ailleurs à une base de données de terrain 23 à haute résolution. La base de données 22 comporte toutes les données relatives à la description géométrique des procédures RNP envisagées, tandis que la base de données 23 comporte les données à haute résolution. En effet, actuellement, les bases
20 de données terrain sont utilisées avec des cellules de résolution (taille du côté de ces cellules) égale à 30 arc-secondes (secondes d'arc), c'est-à-dire 1/2 NM, voire parfois, pour des aéroports en zone montagneuse, 15 arc-secondes (c'est-à-dire 1/4 NM). Par contre, la présente invention utilise de préférence une base de données de terrain à « haute résolution », c'est-à-dire une résolution telle que la taille des cellules
25 est inférieure à ces valeurs actuelles, par exemple typiquement d'environ 6 arc-secondes ou 3 arc-secondes, voire même 1 arc-seconde. Ces données à haute résolution sont relatives aux profils de terrain se trouvant sous les sous les couloirs RNP. Ces données peuvent être calculées hors utilisation, lors de la production de la base de données 22, et elles peuvent être avantageusement validées lors de vols de
30 test RNP.

Le système schématisé en figure 8 se rapporte à une variante de celui

représenté en figure 7, et les mêmes éléments y sont affectés des mêmes références numériques qu'en figure 7. La différence essentielle par rapport au système de la figure 7 est que celui de la figure 8 comporte en plus un dispositif 24 de surveillance du maintien du système dans le mode RNP. Ce dispositif 24 est relié à la base de données 22. Il vérifie le taux de respect par l'aéronef de la procédure RNP en fonction de l'écart de la position instantanée par rapport à la position prescrite et en fonction de la vitesse de divergence du cap instantané et de la vitesse instantanée par rapport à ce qui est prescrit par la procédure, et en fonction du taux de roulis instantané (ce qui revient à déterminer la possibilité de revenir à la procédure RNP, compte tenu des tolérances admises pour ces paramètres par la procédure RNP, et communique au TAWS la valeur de la qualité de respect de la procédure RNP pour que ce dernier soit en mesure d'adopter le fonctionnement approprié (l'un des trois modes décrits ci-dessus en référence à la figure 6).

Le fonctionnement des dispositifs 21 et 24 est basé sur la corrélation entre la position de l'aéronef et la trajectoire RNP prédéfinie dans la base de données et la détermination de la probabilité de maintien dans le mode en tenant compte de la dynamique de l'aéronef, de sa position et sa route instantanée par rapport la trajectoire RNP prédéfinie dans la base de données.

Dans un autre mode de réalisation, le TAWS 20 est adapté de la façon suivante. On part d'un TAWS classique que l'on analyse en laboratoire en simulant toutes les situations d'approche RNP possibles. Pour chaque problème rencontré, c'est-à-dire à chaque fois qu'au moins un des palpeurs TAWS produit une fausse alarme, on ajuste localement les caractéristiques des palpeurs concernés. Le fait que cet ajustement soit effectué localement signifie qu'il est effectué pour une zone géographique donnée et/ou pour une vitesse aéronef donnée et/ou pour un cap donné de cet aéronef. Les caractéristiques concernées des palpeurs sont, comme précisé ci-dessus, leur orientation, ouverture, longueur et largeur, et éventuellement leur position et leur pente.

Les avantages de la solution de l'invention sont les suivants :

- Amélioration de la prédiction du positionnement, et/ou de l'orientation et/ou de l'ouverture des palpeurs existants du TAWS "classique" (fonctionnant en mode spécifique RNP)
- Continuité entre le mode spécifique RNP et le mode TAWS classique en cas de sortie du suivi de la procédure RNP

5

Les caractéristiques principales de la solution de l'invention sont :

- Détermination de l'entrée dans une procédure RNP,
- Alerte spécifique "Recover altitude" si l'altitude de l'aéronef est trop basse sur la trajectoire RNP suivie,
- Rognage de la longueur des palpeurs selon au moins des critères de lieu (position géographique, distance sur la trajectoire),
- Utilisation avantageuse d'une base de données Terrain ayant une plus grande résolution,
- Ajustement de la largeur du palpeur en fonction du niveau de RNP requis,
- Inhibitions locales des fausses alarmes.

10

15

REVENDEICATIONS

1. Procédé de protection par signalisation contre les risques de collision avec le terrain d'un aéronef dans un environnement contraint, caractérisé en ce qu'il consiste, lorsque l'aéronef suit une procédure RNP, à ajuster les caractéristiques d'un palpeur au moins d'un système TAWS embarqué de signalisation automatique de risques de collision avec le terrain aux caractéristiques de la trajectoire RNP imposée telle que définie dans une base de données embarquée dans l'aéronef.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les caractéristiques concernées du ou des palpeurs sont au moins l'une des suivantes : leur orientation, ouverture, longueur, largeur, position, pente.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'au moins un des palpeurs est celui d'un système TAWS classique dont on ajuste localement les caractéristiques.
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'ajustement local est effectué pour une zone géographique donnée et/ou pour une vitesse aéronef donnée et/ou pour un cap donné de cet aéronef.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que si la position estimée de l'aéronef présente un écart latéral inférieur à un premier seuil par rapport à la trajectoire prescrite, les caractéristiques du (des) palpeur(s) sont ajustées de façon à prendre en compte les caractéristiques de direction de la trajectoire RNP.
6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que si la position estimée de l'aéronef présente un écart latéral supérieur à un second seuil par rapport à la trajectoire prescrite, les caractéristiques du (des) palpeur(s) continuent d'être déterminés selon l'art antérieur par le TAWS fonctionnant de façon classique.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que si la position estimée de l'aéronef présente un écart latéral compris entre les deux seuils précités par rapport à la trajectoire prescrite, les caractéristiques du (des) palpeur(s) résultent d'une combinaison entre l'ajustement tel que réalisé en-dessous du premier seuil et la détermination par le TAWS fonctionnant de façon classique au dessus du second seuil.
8. Procédé selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que le premier seuil est d'environ 1 RNP et le second d'environ 2 RNP.
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'entrée et le maintien en mode RNP du TAWS sont déterminés par corrélation entre sa position et la trajectoire RNP prédéfinie dans la base de données et par calcul de la probabilité de maintien dans le mode en tenant compte de l'un ou plusieurs des paramètres suivants : de la dynamique de l'aéronef, sa position, sa vitesse horizontale, sa vitesse verticale, sa route instantanée par rapport la trajectoire RNP prédéfinie dans la base de données.
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une alerte spécifique est émise par le système quand, en mode RNP, il détermine sous l'altitude prescrite de la trajectoire RNP, une distance entre le profil d'un palpeur et le profil du terrain survolé inférieure à un seuil prédéterminé.
11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'alerte est une alerte « Recover Altitude ».
12. Dispositif de protection par signalisation contre les risques de collision avec le terrain en approche d'un aéronef dans des environnements encaissés, en vue d'éviter des alertes intempestives émanant des palpeurs du système TAWS embarqué de signalisation automatique de risques de collision avec le terrain, caractérisé en ce qu'il comporte un système TAWS classique dont les caractéristiques des palpeurs sont ajustées localement (20), un dispositif de

détermination d'entrée en mode RNP (21), une base de données RNP DB (22) et une base de données de terrain (23).

13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que la base de données de terrain est du type à haute résolution, c'est à dire inférieure à 30 arc-secondes.
14. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que la résolution est de 6 ou 3 arc-secondes.
15. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 14, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un dispositif de surveillance du maintien du système dans le mode RNP (24).

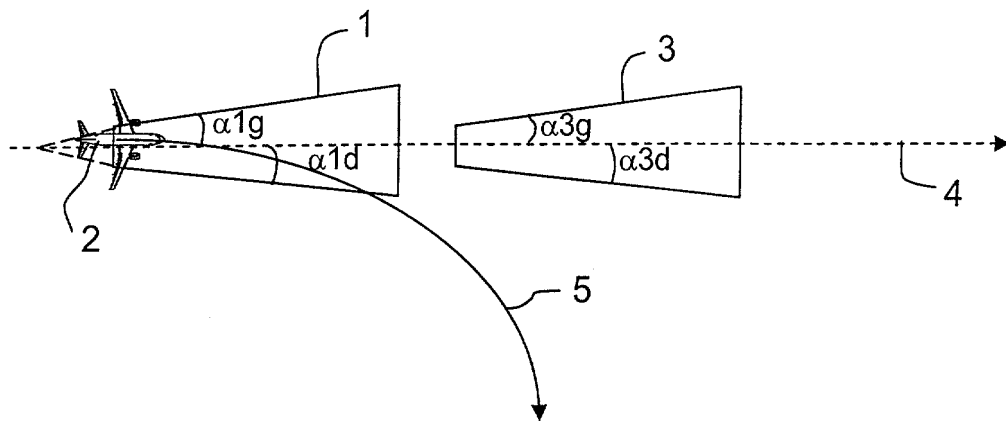


FIG. 1

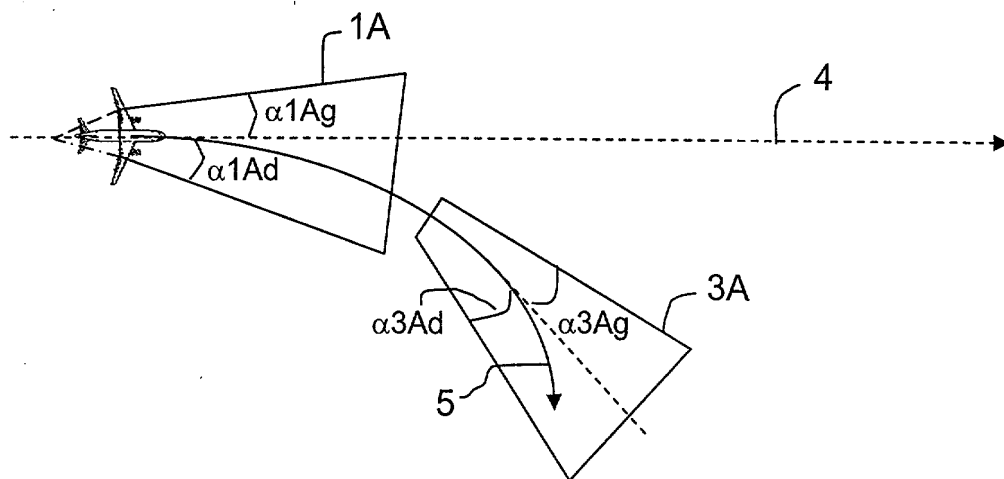


FIG. 3

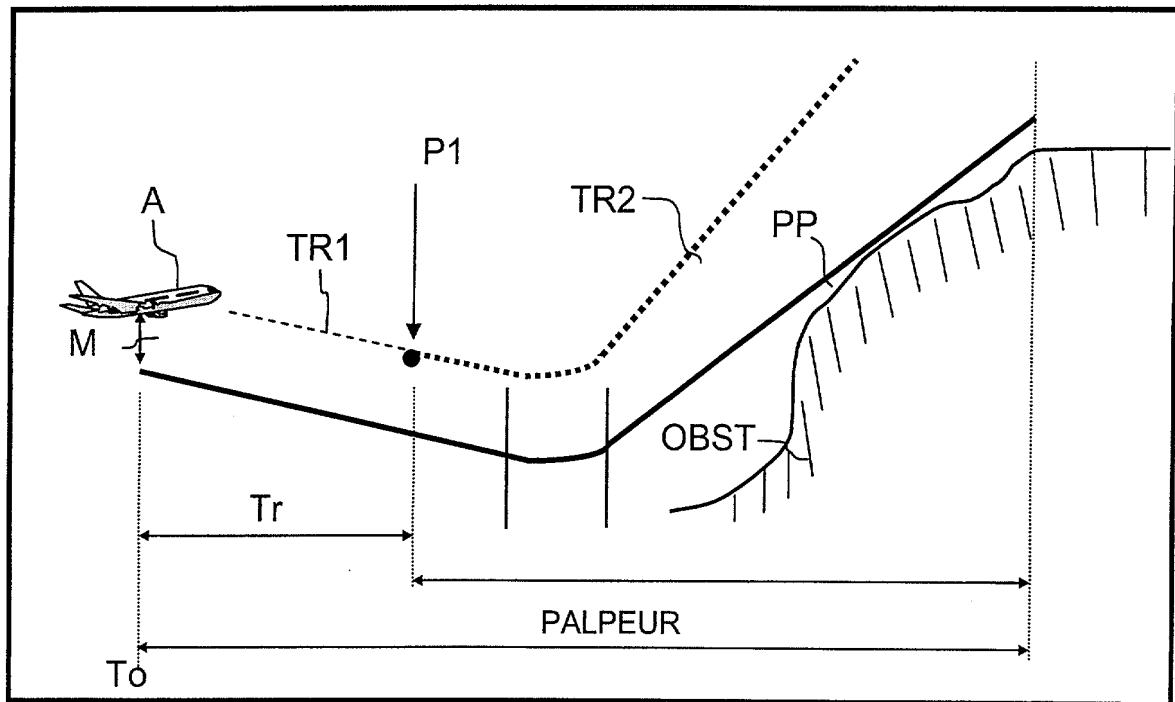


FIG. 2

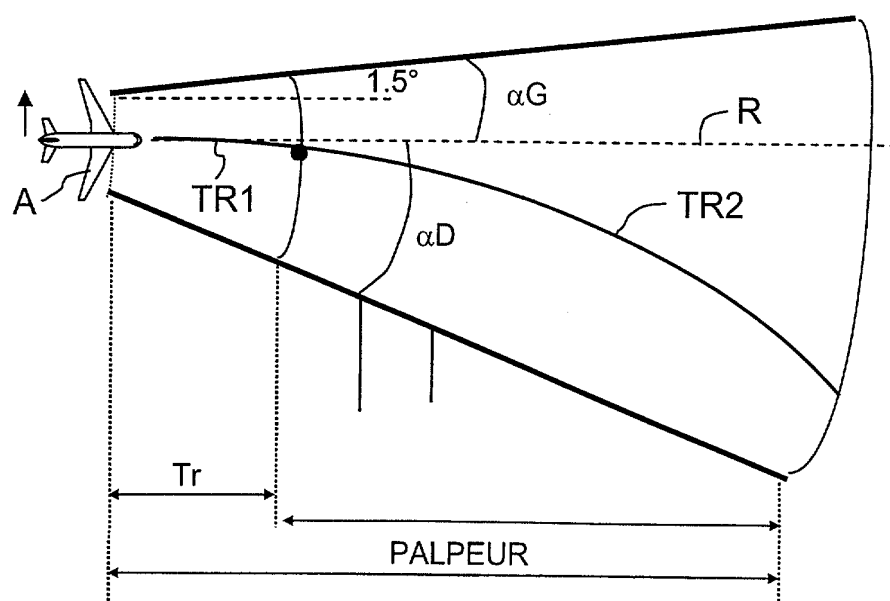


FIG. 2A

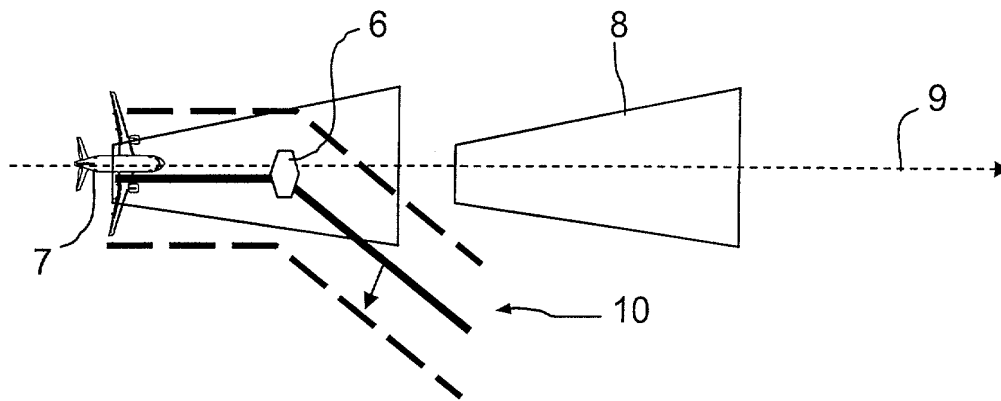


FIG. 4

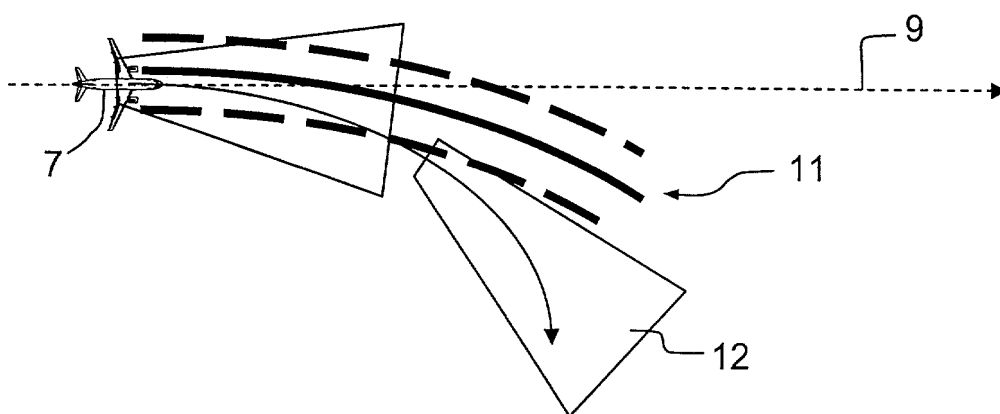


FIG. 5

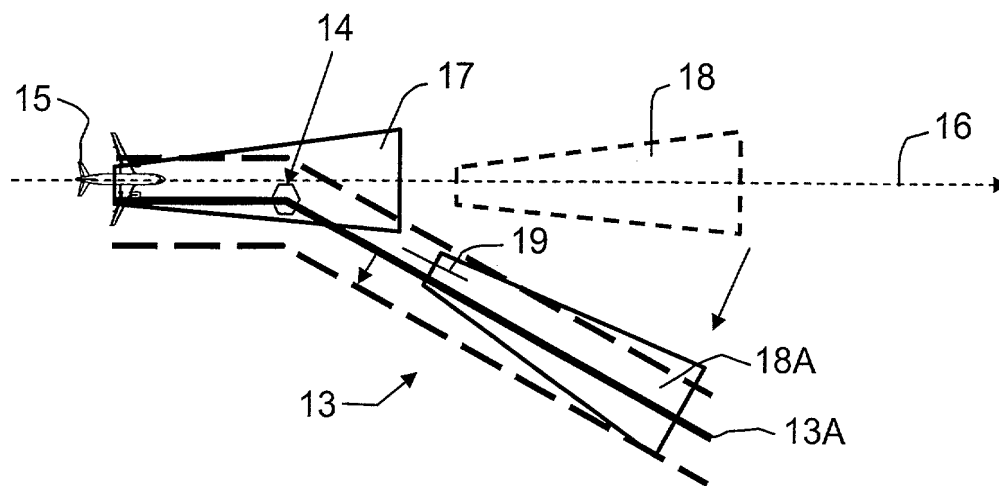


FIG. 6

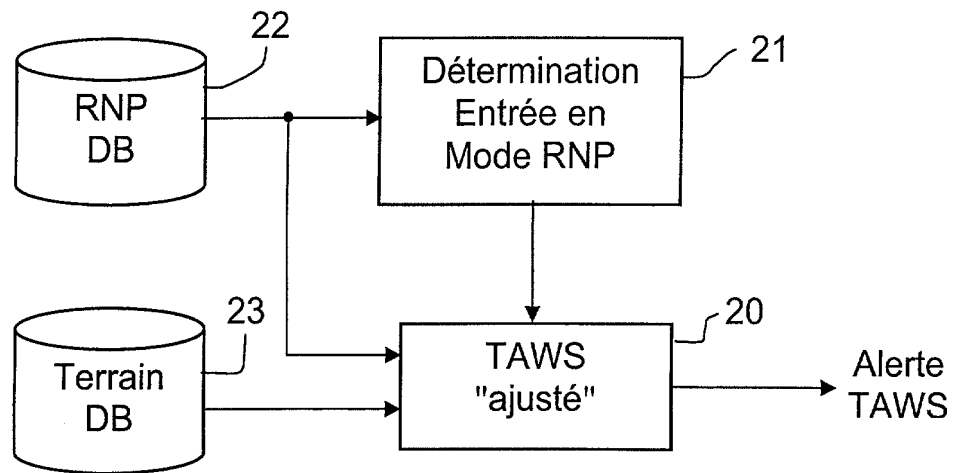


FIG.7

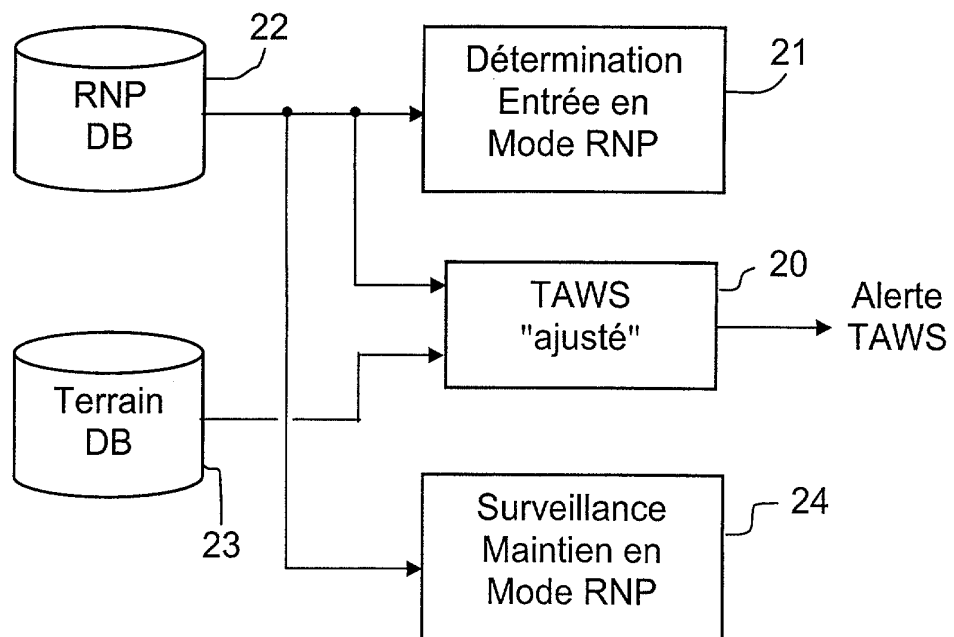


FIG.8

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 702524
FR 0707992

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		
E	EP 1 857 781 A (HONEYWELL INT INC [US]) 21 novembre 2007 (2007-11-21) very similar to the application * alinéas [0002] - [0006], [0016], [0019]; figures 1-6 *	1-15	G01S13/94 B64D45/00 G01C21/00 G08G5/04
X	US 6 567 728 B1 (KELLY WALLACE E [US] ET AL) 20 mai 2003 (2003-05-20) * colonne 1, ligne 26 - colonne 2, ligne 3; revendication 1; figures 1,4 * * colonne 2, ligne 62 - colonne 4, ligne 26 *	1-6,8, 10-15	
A	WO 2005/124279 A (THALES SA [FR]; BITAR ELIAS [FR]; MARTY NICOLAS [FR]) 29 décembre 2005 (2005-12-29) * page 9, ligne 25 - page 11, ligne 19; revendications 1,2; figure 2 *	1-15	
A	US 6 995 690 B1 (CHEN SHERWIN S [US] ET AL) 7 février 2006 (2006-02-07) * colonne 1, ligne 38 - ligne 49 * * colonne 4, ligne 49 - ligne 67 *	13	
A	FR 2 893 146 A (THALES SA [FR]) 11 mai 2007 (2007-05-11) * abrégé * * page 19, ligne 14 - page 21, ligne 30; figures 1-11 *	1-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G01S G08G
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 juillet 2008		Mercier, Francois	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0707992 FA 702524**

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 **10-07-2008**

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
EP 1857781	A	21-11-2007	AUCUN	
US 6567728	B1	20-05-2003	AUCUN	
WO 2005124279	A	29-12-2005	EP 1756520 A1	28-02-2007
			FR 2871879 A1	23-12-2005
			US 2008039984 A1	14-02-2008
US 6995690	B1	07-02-2006	US 2006250280 A1	09-11-2006
FR 2893146	A	11-05-2007	WO 2007054448 A1	18-05-2007