



(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
13.06.2007 Bulletin 2007/24

(51) Int Cl.:
G08G 5/04 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: 06125434.8

(22) Date de dépôt: 05.12.2006

(84) Etats contractants désignés: AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR Etats d'extension désignés: AL BA HR MK YU	(71) Demandeur: THALES 92200 Neuilly sur Seine (FR) (72) Inventeur: Coulmeau, François 31840 Seilh (FR) (74) Mandataire: Nguyen Van Yen, Christian Marks & Clerk France 31-33 Avenue Aristide Briand 94117 Arcueil Cedex (FR)
(30) Priorité: 07.12.2005 FR 0512423	

(54) Dispositif et procédé de construction automatisée de trajectoire d'urgence pour aéronefs

(57) L'invention concerne un système de gestion de vol pour aéronef piloté ou non piloté ayant à faire face à une situation d'urgence telle qu'une prise en main illégale de l'appareil, des situations d'urgence médicales, des situations de pannes affectant par exemple les fonctions propulsion, pressurisation, communication. Elle prévoit un dispositif et un procédé pour générer de manière automatique ou semi-automatique un plan de vol compatible avec les réglementations internationales et leurs adaptations nationales ou locales avec des possibilités d'optimisation en fonction de paramètres de navigation.

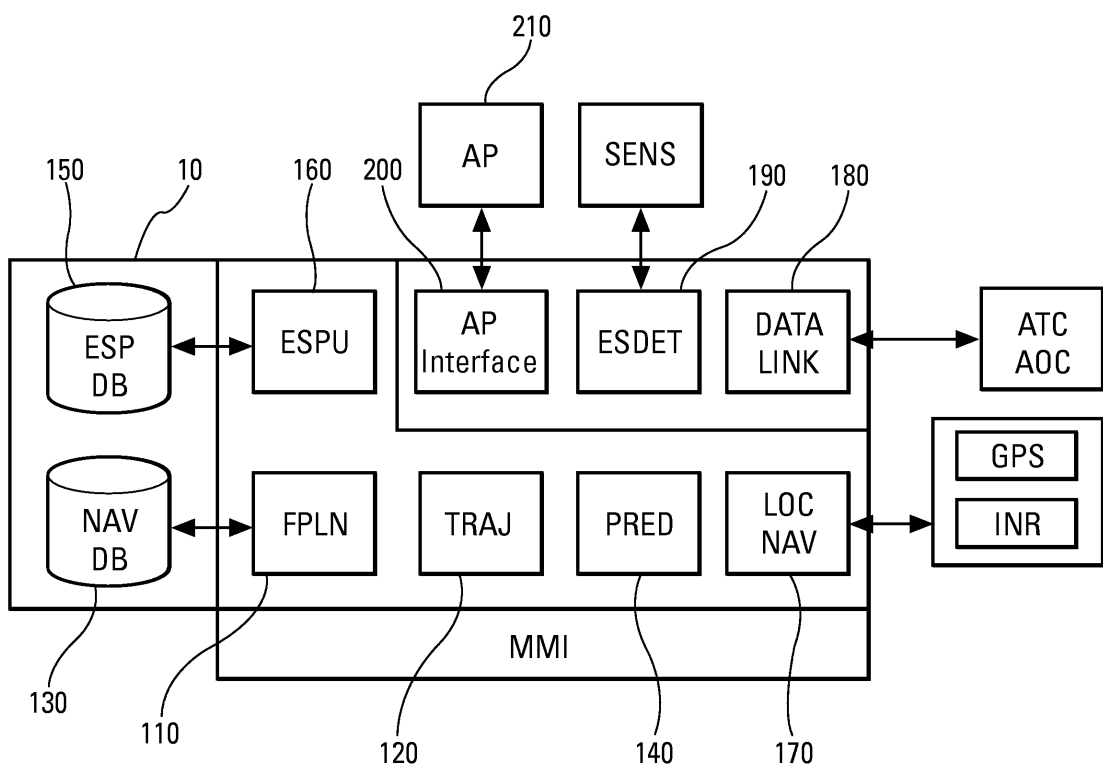


Fig. 1

Description

[0001] La présente invention s'applique aux systèmes de gestion de vol pour aéronefs avec pilote embarqué ou non. De tels systèmes assurent des fonctions d'assistance au pilotage pour déterminer la route à suivre par l'aéronef pour rallier sa destination à partir de son point de départ en prenant en compte les contraintes de nature réglementaire et opérationnelle à respecter.

[0002] Parmi ces contraintes figurent les procédures à appliquer dans des cas d'urgence donnés tels que prescrits par les organismes internationaux, les autorités étatiques et aéroportuaires. Parmi ces cas figurent notamment la prise en main illégale de l'appareil, des situations d'urgence médicales, des situations de pannes ayant un effet sur les qualités de vol de l'aéronef (moteur, pressurisation ...), des situations de pannes de communication, rendant impossible le dialogue sol/bord ou bord/bord, et donc de ce fait le service de contrôle vis à vis de l'appareil en question. D'après Eurocontrol, l'organisme chargé du contrôle de l'espace aérien européen, ces pannes de communication (Prolonged Loss of Communication ou PLOC) ont concerné plus de 1000 vols entre 1999 et 2005. Ces pannes augmentent le risque de collision et ont un coût important car elles doivent être prises en compte dans le dimensionnement du contrôle de trafic aérien pour permettre la réorganisation du trafic lorsqu'elles se produisent. A l'extrême, ces pannes imposent le rapatriement de l'avion au sol par les avions de chasse.

[0003] Les procédures à appliquer dans ces cas d'urgence dépendent de la localisation de l'avion qui détermine la réglementation applicable. Elles sont donc volumineuses et complexes. En outre, elles ne prescrivent pas de solution unique directement intégrable dans un système de gestion de vol puisqu'il faut choisir parmi une infinité d'options. Ceci explique qu'il n'existe pas aujourd'hui dans l'état de l'art de solution permettant d'assurer de manière automatique ou semi-automatique la prise en compte de ces procédures dans un système de gestion de vol. C'est un inconvénient important pour les aéronefs dont le pilote est embarqué, car le risque de mauvaise application des procédures complexes par l'équipage est aggravé et les atteintes potentielles à la sécurité sont accrues. C'est un inconvénient rédhibitoire pour les aéronefs militaires dont le pilote n'est pas embarqué, connus sous le nom de drones. Ceux-ci ne peuvent être autorisés à voler dans un espace non ségrégué, c'est-à-dire partagé par des aéronefs civils, que s'ils sont en mesure d'appliquer les mêmes réglementations et procédures, notamment en cas de situation d'urgence. Or cela ne peut actuellement être garanti pour un drone, notamment en cas de panne de communication. En effet, si c'est la liaison avec le contrôle qui est interrompue, la solution extrême d'instructions communiquées à vue par des avions de chasse n'est pas applicable ; si c'est la liaison entre le drone et son pilote qui est interrompue, celui-ci ne peut plus donner d'instruction à l'aéronef.

[0004] La résolution du problème constitué par la prise en compte automatique ou semi-automatique des procédures à appliquer dans des situations d'urgence dans un système de gestion de vol est donc particulièrement critique.

[0005] A cette fin, la présente invention propose un dispositif d'aide à la navigation d'un aéronef comprenant des moyens pour élaborer un plan de vol et une trajectoire dudit aéronef parmi lesquels une base de données de navigation, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de stockage sous forme de base de données informatique de procédures à utiliser dans des situations d'urgence prédéfinies et des moyens de traitement informatique permettant de modifier le plan de vol et la trajectoire en cours en conformité avec les procédures applicables à chaque situation d'urgence et de manière optimale pour une fonction de préférence choisie d'une combinaison de critères de navigation.

[0006] Elle propose également un procédé d'utilisation dudit dispositif.

[0007] Elle présente l'avantage d'une grande versatilité, car elle est adaptée à différentes situations d'urgence décrites ci-dessus, à différentes configurations de vol (en route, en phase de décollage ou en phase d'approche), à des aéronefs dont le pilote est embarqué ou non et elle peut également être utilisée en mode automatique ou en mode, semi-automatique, d'assistance au pilote.

[0008] L'invention sera mieux comprise et ses différentes caractéristiques et avantages ressortiront de la description qui suit de plusieurs exemples de réalisation et de ses figures annexées dont :

- La figure 1 représente l'architecture fonctionnelle d'un système de gestion de vol incorporant l'invention ;
- La figure 2 montre les liaisons de communications d'un drone ;
- La figure 3 illustre l'organigramme des traitements dans un mode de réalisation de l'invention dans le cas où l'aéronef est en route ;
- La figure 4 montre un exemple de plan de vol dans le cas où l'aéronef est en route ;
- La figure 5 illustre l'organigramme des traitements dans un mode de réalisation de l'invention dans le cas où l'aéronef est en phase de décollage ;
- La figure 6 montre un exemple de plan de vol dans le cas où l'aéronef est en phase de décollage ;
- La figure 7 illustre l'organigramme des traitements dans un mode de réalisation de l'invention dans le cas où l'aéronef est en phase d'approche ;
- La figure 8 montre un exemple de plan de vol dans le cas où l'aéronef est en phase d'approche.

EP 1 796 060 A1

[0009] Dans la description et les figures, les sigles, acronymes et abréviations ont la signification en français et en anglais indiquée dans le tableau ci-dessous.

[0010] Nous faisons figurer la signification en anglais car c'est celle-ci qui est utilisée dans le langage courant par les hommes du métier, même en France.

Sigle	Signification en anglais	Signification en français
ADS-B	Automatic Dependant Surveillance - Broadcast	Surveillance automatique de dépendance - Broadcast
AOC	Airline Opérations Center	Centre d'opérations de la compagnie aérienne
AP	Auto pilot	Pilote automatique
AP INTERFACE	AP interface	Interface avec le pilote automatique
ARINC	Aeronautical Radio Inc	Organisme de normalisation aéronautique
APP	Approach	Phase d'approche
ATC	Air Traffic Control	Contrôle du trafic aérien
BDN/NAVDB	Navigation database	Base de données de navigation
BDP/USDB	Urgency Situation Procedures database	Base de données informatique des procédures d'urgence
CMS	Constant Mach Segment	Segment de vol à mach constant
CRZ FL	Cruise Flight Level	Altitude de croisière du vol
DATALINK	Digital Communication link	Liaison de communication numérique
DES	Descent	Phase de descente
DME	Distance Measurement Equipmentt	Equipement de mesure de distance
D0236B	Document du groupe RTCA décrivant sur certaines procédures	entre autre les vitesse requises
ESDET	Emergency Situation Détection	Détection de situation d'urgence
ESPU	Emergency Situation Processing Unit	Unité de traitement des situations d'urgence
ETOPS	Extended range with Twin engine aircraft Operations	Opérations d'avion long courrier bi-moteur
FLS	FMS Landing system	Système d'atterrissage FMS
FMS	Flight Management system	Système de gestion de vol
FPLN	Flight Planning	Plan de vol
GALILEO	Constellation GPS européenne	
GLIDE	Faisceau radioélectrique dans le plan vertical pour guidage de précision en phase d'approche ILS	
GLS	GPS Landing system	Système d'approche utilisant le GPS
GPS	Global Positioning system	Système de positionnement global
HOLD	Holding Pattern	Boucle d'attente en approche, souvent appelée hippodrome
IAF	Initial Approach Fix	Point fixe d'approche initiale
ILS	Instrument Landing system	Système d'atterrissage aux instruments
IMC	Instrument Meteorological Conditions	Conditions météo pour le vol aux instruments
INR	Inertial sensors	Capteurs d'inertie
LOCNAV	Localisation means for navigation	Moyens de localisation pour la navigation
MLS	Microwave Landing system	Système d'atterrissage micro-ondes

EP 1 796 060 A1

(suite)

Sigle	Signification en anglais	Signification en français
MMI	Man Machine Interface	Interface homme machine
MORA	Minimum Off Route Altitude	Altitude minimale hors route
MSA	Minimum Sector Altitude	Altitude minimale du secteur
NAVDB/BDN	Navigation database	Base de données de navigation
NDB	Non-Directional Beacon	Balise sol permettant la localisation par relèvement
NM	Nautical Mile	Mille nautique
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale	International Civil Aviation Organisation (ICAO)
PANS	Procedure for Air Navigation services	Procédure pour les services de navigation aérienne (documents OACI)
PRED	Prediction	Prédiction
RNP	Required Navigation Performance	Performance prescrite de navigation
SENS	Sensors	Capteurs
SID	Standard Instrument Departure	Décollage standard aux instruments
SSR	Secondary surveillance Radar	Radar secondaire de surveillance
STAR	Standard Terminal Arrival Route	Route terminale standard
STEP	Cruise level change	Changement de niveau en croisière
TCDS	Terrain Collision Avoidance System	Système anti-collision terrain
T/D	Top Of Descent	Point de fin de la croisière
TMA	Terminal Area	Zone terminale
TRAJ	Trajectory	Trajectoire
UAV	Unmanned Aerial Vehicle (Drone)	Avion non piloté
ESPDB/BDP	Emergency Situation Procedures database	Base de données informatique des procédures d'urgence
VHF	Very High Frequency	Très haute fréquence
VMC	Visual Meteorological conditions	Conditions météo pour le vol à vue.
VOR	VHF Omni Range	Balise VHF omni directionnelle

[0011] La figure 1 présente l'architecture fonctionnelle d'un FMS 10. Ces systèmes font l'objet de la norme ARINC 702 (Advanced Flight Management Computer System, Dec 1996) . Ils assurent normalement tout ou partie des fonctions de : navigation LOCNAV, 170, pour effectuer la localisation optimale de l'aéronef en fonction des moyens de géo localisation (GPS, GALILEO, balises radios VHF, centrales inertielles) ; plan de vol FPLN, 110 - Base de donnée de navigation NAVDB, BDN, 130, pour construire des routes géographiques et des procédures à partir de données incluses dans les bases (points, balises, legs d'interception ou d'altitude...) ; trajectoire latérale TRAJ, 120 : pour construire une trajectoire continue à partir des points du plan de vol, respectant les performances avion et les contraintes de confinement (RNP) ; prédictions PRED, 140 : pour construire un profil vertical optimisé sur la trajectoire latérale ; guidage, pour guider dans les plans latéraux et verticaux l'aéronef sur sa trajectoire 3D, tout en optimisant la vitesse ; liaison de donnée numérique DATALINK, 180 pour communiquer avec les centres de contrôle et les autres aéronefs.

[0012] Pour la mise en oeuvre de l'invention, seules les fonctions d'élaboration de plan de vol et de trajectoire sont nécessaires. La figure 1 représente cependant un FMS disposant de toutes les fonctions ci-dessus. Il comporte en outre les fonctions supplémentaires nécessaires à la mise en oeuvre de l'invention. Il s'agit de la base de données informatique des procédures ESPDB, BDP, 150 et du module informatique pour exécuter les traitements pour mettre en oeuvre

l'invention ESPU, 160.

[0013] La base de données informatique des procédures pourra être avantageusement du type objet. Elle stocke les données nécessaires à l'exécution des procédures. Ces informations sont issues des cartes papier et compactées. La base de données comportera notamment : des données géographiques sur les TMA (centre du cône, largeur, hauteur) ; des données sur les MSA ; des legs pour modéliser les procédures de décollage ; des données pour modéliser les tentatives d'atterrissage (nombre de procédures de type « Approche manquée » à effectuer avant de quitter la TMA) ; des données pour la partie En Route, telles que les données OACI (temps de maintien à niveau constant), expliquées au chapitre 1.1, les données régionales/étatiques amendant les données OACI (en particulier, temps de maintien, temps d'attente sur le HOLD), les données OACI sur les arrivées à effectuer (chap 1.1), les données sur les arrivées à suivre sur les aérodromes lorsqu'elles diffèrent des données OACI ; les dates de validité, qui peuvent être identiques à celles de la base de donnée de navigation (mise à jour tous les 28 jours, ou plus fréquemment, par « patch », si des procédures changent entre temps). Ces procédures sont codifiées dans les documents suivants élaborés sur la base des recommandations OACI : règles de l'air (Annexe 2 de la convention de Chicago) ; télécommunication aéronautiques (Annexe 10) ; Procédures - Règles de l'air et services, PANS RAC Doc 4444 ; Procédures - Opérations, PANS OPS (doc 8168). Elles peuvent également être élaborées sur la base des amendements étatiques adaptant ces recommandations aux situations particulières.

[0014] Ces procédures d'urgence sont actuellement décrites dans des documents papier, internationaux ou étatiques, et rassemblés par les fournisseurs de base de données. Certaines de ces procédures (Annexe 10, vol II) sont à suivre en cas de panne de communication pour tenter d'établir des communications de secours, notifier la situation aux services de contrôle du trafic aérien et aux autres aéronefs dans la zone et demander de l'assistance de ces aéronefs, par exemple en relayant les messages des autres aéronefs. Ces procédures ont peu d'interaction avec les fonctions plans de vol et élaboration de trajectoire. D'autres procédures ont pour objet de « sortir » proprement l'avion du trafic afin de garantir les séparations entre aéronefs, ainsi que sa sécurité vis à vis du relief.

[0015] Les procédures à appliquer seront différentes selon que l'aéronef se situe en phase En route, en phase Décollage ou en phase Approche.

[0016] En cas de panne de communication entre le sol et le bord, ainsi qu'entre aéronefs (dans le cas du Drone, l'un entraîne l'autre), en IMC, En Route, l'Annexe 2 de la convention de Chicago, chapitre 3.6.5.2.2 prescrit :

- Maintien de la vitesse et du niveau actuel, éventuellement relevé par l'altitude minimale pendant 20 min ;
- vol actif
- Vol jusqu'à la balise recommandée pour l'aéroport d'arrivée
- Boucle d'attente (HOLDING PATTERN) sur la balise en question, en descente, et maintien dans le circuit d'attente jusqu'à l'heure prévue d'approche ou l'heure permettant l'atterrissage à l'heure estimée (RTA) du plan de vol actif.
- Approche aux instruments sur l'aéroport, en utilisant la balise
- Atterrissage dans les 30 min max après heure estimée d'arrivée.
- En cas de panne de récepteur à Bord, transmettre par VHF le message « TRANSMITTING BLIND DUE TO RECEIVER FAILURE » signifiant « JE TRANSMETS A L'AVEUGLE A CAUSE D'UNE PANNE DE RECEPTEUR » (Annexe 10, vol II)
- En cas d'échec de transmission vers un centre ATC, transmettre par VHF « TRANSMITTING BLIND » (Annexe 10, vol II)
- Sélection du SSR approprié sur le transpondeur. (Annexe 10, vol II)

[0017] Ces procédures peuvent être amendées et modifiées par la réglementation locale. Par exemple, en France :

- En Route, on utilise l'IAF au lieu de la balise de la proc ICAO.

[0018] Concernant les procédures terminales, de type STAR, APP, SID, la réglementation locale peut prévoir des procédures particulières. Par exemple, en France, en cas d'impossibilité d'atterrir pour une quelconque raison, quitter la TMA dans les 30 min selon la procédure « LEAVING PROCEDURE » (Procédure de décollage) publiée sur le terrain. La liste des terrains impactés et de leur TMA associée est connue. Les procédures « LEAVING PROCEDURE » sont connues.

[0019] A titre d'exemple, en 2002, les procédures à appliquer dans les situations d'urgence pour l'aérodrome d'AGEN sont les suivantes :

- en cas de MISSED APPR (Approche manquée), monter dans l'axe à 1000ft, puis continuer la montée en interceptant et en suivant l'ARC DME de 27 NM du VORDME AGN jusqu'à 3500ft, puis tourner à droite, direction la NDB AG
- « LEAVING PROCEDURE » : en cas de 2 échecs consécutifs d'atterrissage, quitter la TMA par la SID SECHE1W

à la MSA

○ Au départ : continuer la procédure jusqu'aux limites de la TMA, au dernier niveau de vol assigné, puis monter au CRZ FL.

[0020] Toutes les procédures à suivre pour sortir proprement du trafic et des zones terminales, explicitées dans les exemples ci dessus, peuvent être traduites en terme de plan de vol électronique et suivies. Comme le montrent les exemples, il existe une relative marge de manoeuvre pour la plupart de ces procédures, autorisant du même coup une optimisation en terme de trafic, météo, performances, ce que propose l'invention. L'invention est applicable également à d'autres procédures d'urgence telles que :

○ une urgence de dépressurisation : Descente d'urgence, définie dans le document OACI DOC7030. Dans ce cas, il est précisé que l'avion doit « se mettre de côté » ie se décaler par rapport à sa route, puis attendre les consignes ATC.

○ Panne moteur sur bi moteur certifié ETOPS : pas de normes OACI, mais des recommandations des constructeurs pour construire un plan de vol de diversion vers l'aéroport ETOPS le plus proche quand on détecte une panne moteur en route océanique.

[0021] L'automatisation de ces procédures nécessite une interaction forte avec les fonctions plan de vol et élaboration de trajectoire. Le module informatique pour exécuter les traitements pour mettre en oeuvre l'invention est constitué par un module logiciel apte à être exécuté sur un calculateur FMS standard tel que le NEW FMS de THALES AVIONICS, volant actuellement sur toute la gamme Airbus (calculateur redondé) ... Le programme source sera avantageusement programmé en langage ADA ou C en se conformant aux normes à respecter pour que le code soit certifiable.

[0022] Le procédé codé par le programme assure la sélection des procédures dont des exemples ont été données ci-dessus dans la base de données informatique des procédures, élabore une trajectoire optimisée en cas d'urgence (panne moteur, perte de communications etc), basée sur la base de donnée des procédures d'urgence, les espaces aériens traversés, les performances de l'avion, le trafic, la météo, le relief, assure le suivi de cette trajectoire et l'envoi au sol de la trajectoire, si la communication du bord vers le sol par Datalink (Liaison de données) est possible.

[0023] La figure 2 illustre les liaisons de communication d'un drone 30. La perte du lien de communication entre le contrôle et le drone pose problème car le pilote au sol ne reçoit plus les instructions du contrôle. De même, la perte du lien de communication entre le drone et la station sol ne permet plus au pilote au sol de connaître les instructions « vocales » du contrôle. En fonction de la répartition des fonctions du FMS entre le sol et le bord et de celles des liaisons de communication qui sont perdues, le pilote pourra ou pas intervenir dans l'exécution des procédures. A l'extrême, dans le cas où toutes les liaisons (ATC, station sol) dans les deux voies sont perdues, le dispositif et le système proposés autorisent une exécution entièrement automatique, sous condition que toutes les fonctions FMS nécessaires soient embarquées. Le choix de l'architecture optimale devra être fait en fonction des conditions d'emploi opérationnelles prescrites, tout en tenant compte des contraintes de poids, encombrement et coût qui poussent à un déport de la puissance de calcul vers la station sol.

[0024] Dans le cas « avion piloté à bord », le procédé pourra de plus proposer un certain nombre de stratégies à l'équipage, lui permettant de choisir entre plusieurs trajectoires, respectant toutes les réglementations, mais optimisant différents critères.

[0025] La fonction de préférence, également applicable au cas des avions non pilotés à bord, privilégiera le plus souvent la sécurité appréciée en termes de séparation minimale des autres aéronefs et éléments de relief, mais il est facile de construire une fonction de préférence qui sera paramétrable en fonction du contexte opérationnel. Le plus souvent, un optimum de second rang obtenu par parties sera suffisant. Rien n'empêche cependant, si le contexte opérationnel l'impose, de rechercher une résolution complète de l'optimum de la fonction de préférence, à la condition que la puissance de calcul nécessaire soit disponible.

[0026] Il existe trois modes de réalisation principaux de l'invention, selon que l'aéronef est en route, au décollage ou en approche.

Mode de réalisation « En route »

[0027] Les principaux éléments du procédé dans le cas « En Route » sont précisés ci-dessous.

[0028] Le FMS prolonge éventuellement la croisière pour garder un segment de 20 min devant l'avion à niveau constant. Il efface les STEPS éventuellement présents devant l'avion dans l'intervalle des 20 min. Le FMS utilise la fonction « Constant Mach Segment » (Segment à vitesse constante) sur les points devant l'avion, au moins sur 20 min prédits, pour voler à vitesse constante. En cas de conflit terrain, basé sur les MORA (Minimum Off Route Altitude), le FMS calcule et insère un « STEP CLIMB » devant l'avion pour se situer 2000 pieds au dessus de la MORA la plus haute dans l'intervalle des 20 min. Latéralement, le FMS suit le plan de vol actif, en modifiant toutefois les transitions (virages)

entre portions de plan de vol pour rester compatible de la vitesse avion. Après ces 20 min, le FMS effectue un retour sur le plan de vol vertical préprogrammé, ainsi que sur la vitesse préprogrammée en annulant les STEP et CMS éventuellement entrés lors de la première phase de 20 min.

[0029] Puis le FMS contrôle verticalement l'aéronef pour suivre le plan de vol de fin de croisière et de descente jusqu'au point d'approche demandé par la procédure, à savoir la balise recommandée (si OACI) ou autre point comme l'IAF en France. Ceci implique une pleine autorité du FMS sur les commandes de vol et la poussée, ainsi que sur les éventuelles surfaces. Pendant sa descente vers l'aide à la navigation choisie, le FMS insère dans son plan de vol un circuit d'hippodrome (Holding Pattern), en prenant les hypothèses explicitées ci-dessous.

[0030] Si un HOLD est défini dans la base de donnée de navigation sur la balise ou l'IAF, le FMS insère ce HOLD ; sinon, il utilise la fonction HOLD, avec les paramétrages suivants :

- Vitesse donnée par DO 236B en fonction de l'altitude et de la catégorie de masse,
- Relèvement par rapport au nord, parallèle au segment arrivant sur la balise/IAF,
- Direction par défaut : Droite (Right),
- Longueur de la portion droite : 1 minute.

[0031] Une contrainte d'altitude égale à l'altitude minimale recommandée sur la balise/IAF ou égale à la prochaine contrainte d'altitude de la partie Intermédiaire de l'approche est insérée sur le HOLD, tout en étant relevée par une éventuelle MSA (Minimum Sector Altitude).

[0032] Le FMS utilise la fonction « IMMEDIATE EXIT » (Sortie Immédiate) pour sortir du circuit d'hippodrome lorsqu'il prédit une heure d'arrivée compatible de l'heure prévue initialement, et ajuste le déclenchement de la fonction pour garantir un atterrissage dans les 30 min autour de l'heure prévue.

[0033] En approche finale, si une approche aux instruments était présente dans le plan de vol actif du FMS, celui ci suit cette approche jusqu'à l'atterrissage ; si aucune approche n'était entrée, le FMS effectue la procédure suivante :

- Test des fréquences des moyens de radio navigation pour détecter les pistes en service, en prenant dans l'ordre les signaux ILS, MLS, GLS, VORDME, NDB
- Insertion dans le plan de vol de la piste contenant un ILS, ou à défaut, dans l'ordre un MLS, GLS, VORDME, NDB, et qui se trouve du côté de l'appareil (pour éviter les croisements de piste)
- Suivi du plan de vol jusqu'à l'atterrissage
- Si tous les tests sont négatifs, chaîner dans le plan de vol une approche « Runway by itself » (Approche de type Piste en autonome, ne contenant que la piste et une demi droite dans l'axe de piste, partant du seuil de piste, sur laquelle on pourra guider l'avion) dans la direction opposée au vent mesuré à bord et suivre cette approche.

[0034] Les autres systèmes (Transpondeurs) peuvent émettre des signaux comme « TRANSMITTING BLIND », code 7700, selon le type de panne.

[0035] Ce procédé sera adapté pour prendre en compte les spécificités de chaque état/régions. Ainsi, en Europe, les 20 min ci dessus sont remplacées par 7 min (doc 7030/4 Regional Supplementary procédure »).

[0036] Un exemple de réalisation de ce cas En route est détaillé pour le plan de vol de la figure 4 qui se situe dans le secteur de Brétigny. L'organigramme des traitements de la figure 3 montre les étapes du procédé applicables qui sont détaillées dans la suite de la description.

Etape 1, (410, 420, 430) : à détection de la panne : FMS :

[0037]

- Calcul du segment de maintien de trajectoire pendant un temps donné issue de la BDP, éventuellement relevé des MORA issues de la BDN et FMS ;
- Ajustement niveau et vitesse (passage en Managé à la vitesse courante) Recalcul du plan de vol latéral avec la vitesse courante
- Suivi de ce plan de vol court terme

[0038] Le FMS vérifie s'il existe un « temps maintien » dans la zone géographique courante dans la BDP. Si oui, il applique ce temps, si non, on utilise la valeur OACI de 20 min. Dans l'exemple, un temps de 7 min est trouvé et sera appliqué. Durant cette période, le FMS fige la vitesse de l'appareil à la valeur courante et le niveau au niveau actuel. Le FMS calcule une rejointe sur le plan de vol actif en effectuant une projection orthogonale de l'avion sur celui ci pour identifier le segment de rejointe et en effectuant un virage dont l'angle optimise l'écart avec les autres aéronefs. Pour cela, une possibilité est de tester, 5° par 5° une rejointe, entre une interception à 45° et une interception à 90° ; pour

chaque valeur de rejointe, Le FMS regarde si les autres avions environnants couperont l'axe de rejointe avec un écart vertical de moins de 500 pieds ; pour les avions qui coupent le segment de rejointe, le FMS extrapole la position de ces avions à partir des données de vitesse et de cap obtenues en interrogeant le transpondeur MODE S de l'avion en question (fonction du TCAS ou ADS-B) ; le FMS compare alors les temps de passage des avions qui coupent l'axe avec ses temps de passage au même point. La solution est la rejointe qui maximise les deltas de temps entre le drone et les avions de passage.

[0039] Dans le cas de la figure 4, la rejointe 310 qui est la solution optimale est celle qui fait un angle de 45° avec la trajectoire.

[0040] Une fois la trajectoire latérale de rejointe obtenue, le FMS vérifie à partir de la BDN la valeur des MORA et ajuste éventuellement le niveau de vol, puis il vérifie l'absence de conflit dans le plan vertical avec les autres avions, au niveau en question. Si un conflit est détecté, l'algorithme reboucle jusqu'à trouver une solution.

Etape 2, 440: Retour au vertical et Vitesse managés après « temps maintien ».

[0041] Si phase = CRZ, Suivi du plan de vol croisière jusqu'au (T/D) ; Si phase = DES, suivi plan de vol 3D jusqu'au point d'approche issu de la BDP ; Contrôle des surfaces, de la poussée, des trains.

[0042] Un algorithme de calcul possible est le suivant : Si le FMS prédit une rejointe sur le plan de vol sur une durée supérieure à « temps maintien », on reste à vitesse et niveau constants jusqu'à la rejointe, puis on repasse en « Vitesse et Vertical managés », soit au niveau et à la vitesse optimums calculées par le FMS ; si le FMS prédit une rejointe avant écoulement de « temps maintien », on poursuit sur le plan de vol jusqu'à atteindre le « temps maintien », puis on repasse en « vitesse et Vertical managés » ; en arrivant sur le point de fin de croisière (T/D), le FMS réaffecte le niveau de descente à celui du point d'approche issu de la BDP et engage la descente.

Etape 3, 450 : Insertion d'un HOLD sur le point d'approche, et de contrainte sur ce point pour rester au-dessus du relief (relevée par la MSA).

[0043] Le FMS insère un HOLD sur le point d'approche de la BDP de la manière suivante : Si un HOLD existe déjà sur le point d'approche, le FMS utilise ce HOLD ; sinon, si un HOLD est codé en BDN sur ce point, le FMS insère ce HOLD ; sinon, le FMS insère un HOLD avec tour à droite, longueur de leg droit de 1 min, vitesse OACI. Sur le point d'entrée et de sortie du HOLD, le FMS insère une contrainte d'altitude égale à la MSA récupérée de la BDP si elle existe. Sinon, le FMS insère une contrainte égale à la valeur de l'interception du faisceau GLIDE de l'ILS si elle existe. et, sinon, construit une approche par défaut et insère une contrainte égale au palier de décélération sur cette approche.

Etape 4, 460 : Optimisation du moment de sortie du HOLD pour atterrir au plus près de l'heure estimée initialement, et au maximum dans les 30 min suivantes.

[0044] Si la masse d'atterrissage prévue est admissible pour la piste, le FMS vole le HOLD jusqu'à ce que l'heure prédite d'atterrissage corresponde à l'heure estimée initialement ; sinon, le FMS utilise le créneau de 30 min jusqu'à obtenir une masse atterrissage inférieure au seuil autorisé sur la piste ; dans tous les cas, au bout des 30 min d'écart sur l'heure estimée, le FMS sort du HOLD et poursuit l'approche.

Etape 5, 470 : Détermination de la procédure d'atterrissage

[0045] Si entrée avant la panne, utilisation de la procédure entrée, sinon choix optimisant les moyens sol. Un algorithme possible est le suivant : Si une procédure est codée avant détection de la panne, le FMS suit cette procédure ; si aucune procédure n'est codée, le FMS cherche la procédure d'approche qui maximise la précision, compte tenu de ses moyens embarqués. Dans l'ordre il utilisera : ILS, MLS, GLS, FLS, GPS, VOR/DME ; si aucune approche n'est possible avec les moyens ci dessus, le FMS fabrique une approche « Runway by itself » en chaînant un segment dans l'axe de piste, à -3° de pente sur 5 NM, du côté opposé au vent. Dans tous les cas, si le FMS détecte une panne de moyen de radionavigation pour effectuer l'approche en question, on passe sur l'algorithme « procédure d'urgence à l'atterrissage » expliqué dans l'exemple de réalisation correspondant. Le FMS pilote les sorties de becs, volets et trains lors de l'approche, comme le ferait le pilote, lorsqu'il atteint les vitesses caractéristiques associées.

Mode de réalisation « Au décollage »

[0046] Les principaux éléments du procédé dans le cas « Au décollage » sont précisés ci-dessous. Les procédures décrites ici sont celles à appliquer en cas de panne de communications uniquement. Il existe d'autres procédures très différentes pour traiter des cas de panne moteur, etc ...

[0047] En cas de situation de déclenchement d'une procédure d'urgence en raison d'une panne de communication au décollage, la quasi-totalité des procédures à appliquer sont de type : « Continuez à voler jusqu'à la limite de la TMA, en suivant la procédure de SID à la dernière altitude allouée, ou si cela n'est pas compatible avec les obstacles existants, positionnez-vous à l'altitude minimale de sécurité. Ensuite, montez à l'altitude de croisière indiquée par le plan de vol actif. » Ce type de procédure très courant peut être traduit de la manière suivante dans un système de gestion du vol : Aéronef en MANAGE (Contrôle automatique intégral) ; insertion d'une contrainte d'altitude « AT OR BELOW » (Inférieure ou égale) sur les points de SID, égale au dernier niveau assigné par le contrôle, éventuellement relevé par la MSA (évitement d'obstacle) ; maintien à ce niveau jusqu'aux limites géographiques de la TMA, à coder dans une base de donnée ; retour au plan de vol actif FMS, qui va automatiquement basculer sur une phase de montée jusqu'au niveau de croisière entré au sol ; application de la procédure « En Route » décrite ci dessus.

[0048] Selon les régions/états/aérodromes, des ajustements inscrits dans les cartes peuvent être nécessaires. Ils sont codés dans la BDP.

[0049] Ce mode de réalisation « Au décollage » est illustré par l'exemple de la figure 6. L'aéronef est situé en bas et vient de décoller. Le plan de vol actif passe par les points WP1 ... WP5. Les points WP1 .. WP4 sont les points de la SID, et le point WP5 est le premier point de la partie « EN ROUTE ». Le plan de vol « panne de comm » stocké en BDP, passe par WP1, WP6, WP7. L'hexagone représente la TMA.

[0050] L'organigramme des traitements de ce mode de réalisation pour cet exemple est celui de la figure 5.

[0051] Le FMS charge par appel à la BDP le plan de vol « Situation d'urgence » applicable à la situation d'urgence détectée dans la phase courante. Le FMS charge les coordonnées des points caractéristiques de la TMA et détermine le premier point à l'extérieur de la TMA sur le plan de vol actif (ici WP5). Le FMS chaîne le plan de vol « Situation d'urgence » sur ce premier point, en minimisant la distance et en suivant les contours de la TMA ; un algorithme possible est le suivant : Une marge de X NM (par exemple 5 NM) vis à vis du polyèdre est déterminée ; au niveau des points de cassure du polyèdre, on crée un point sur le segment bi-secteur, à 5 NM du contour ; on relie ensuite ces points jusqu'à WP5 ; on effectue ce calcul à la fois en partant sur la gauche et sur la droite, à la fin du plan de vol « Situation d'urgence » et on conserve celui dont la distance est la plus faible.

[0052] Au niveau profil vertical, on insère sur les points de ce plan de vol des contraintes d'altitude « AT OR ABOVE » à la valeur de la MSA du secteur issue de la BDN sur les points de la procédure de départ « Situation d'urgence ». Le FMS assigne un niveau de croisière égal au dernier niveau obtenu du contrôle. Sur le dernier point de la procédure de départ (ici WP7), on n'insère aucune contrainte, de même que sur les points EN ROUTE suivants (ici WP5), de sorte que le profil de montée soit calculé pour monter au niveau de croisière, c'est à dire au dernier niveau assigné par le contrôle. Le FMS guide sur ce plan de vol puis passe sur la partie « Situation d'urgence En Route ».

Mode de réalisation « En approche »

[0053] Les principaux éléments du procédé dans le cas « En approche » sont précisés ci-dessous. Les procédures décrites ici sont celles à appliquer en cas de panne de com uniquement. Il existe d'autres procédures très différentes pour traiter des cas de panne moteur, etc ...

[0054] En cas de panne de communication à l'atterrissage, il est généralement demandé d'appliquer la procédure d'approche interrompue (MISSED APPROACH), puis en cas d'échec répété, d'appliquer la procédure « LEAVING PROCEDURE ». Les « LEAVING PROCEDURES » sont presque toujours des instructions de suivi de SID et de radiales vers des balises prédéterminées. Par exemple pour NICE (France) « Après l'approche interrompue, montez à 2500 pieds et quittez ensuite la TMA de Nice à 2500 pieds sur la direction R-126 de VOR « NIZ ». Le codage de cette procédure dans le FMS est possible par l'ajout de legs ARINC 424, de type CA 2500 (« Course to an altitude equal to 2500 feet », ie « Route vers une altitude de 2500 pieds »), suivi d'un leg CR 126NIZ (« Course to a RADIAL 126° MAG from VOR NIZ », ie « Route vers une radiale 126° à partir de VOR « NIZ »), et peut donc être inclus dans la base de donnée de navigation de l'appareil. Toutes les procédures pour quitter la TMA sont codables dans une base de donnée. Il s'agit pour le FMS de créer un nouveau type de liaison entre la fin de l'approche interrompue et cette procédure.

[0055] Ce mode de réalisation « En approche » est illustré par l'exemple de la figure 8 où est représentée la TMA de NANTES. La procédure est : « Dans le cas où le pilote n'a pas connaissance de la piste en service, appliquez la procédure pour RWY03 (Un cercle avant l'atterrissage peut être nécessaire si le vent observé par le pilote indique que RWY21 est en service). En cas d'approche interrompue, appliquez la procédure publiée correspondante et entamez une seconde approche. Si la deuxième approche échoue, suivez la procédure correspondante applicable puis quittez la TMA à 3000 pieds et tentez d'atteindre la VMC ».

[0056] L'organigramme des traitements de cet exemple de réalisation est donné à la figure 7.

[0057] Dans le cas du drone, il n'y a pas de possibilité de suivre la procédure en conditions « à vue » (VMC) puisque le pilote ne « voit » pas la piste. Un algorithme possible sera donc : Si une approche complète a été entrée avant la « Situation d'urgence », le FMS suit la procédure décrite dans la partie « Situation d'urgence En Route », à partir de l'étape 5 ; si aucune piste n'a été entrée, le FMS récupère les pistes d'atterrissage possibles dans la BDP (ici RWY03

ou 21) et détermine grâce au vent la piste en service. En l'absence de vent, le FMS utilise la piste préconisée en BDP (ici RWY03) ; le FMS bascule ensuite sur l'étape 5 de la partie « En Route » pour déterminer le meilleur moyen de radionavigation pour atterrir sur cette piste. Si la « Situation d'urgence » est déclenchée pendant une phase de remise de gaz (Missed approach), c'est à dire pendant que le pilote au sol effectuait une procédure de remise des gaz, alors le FMS récupère en BDP le plan de vol « Situation d'urgence » (ici poursuite de la Missed approach puis tentative de deuxième approche). Le FMS bascule ensuite sur l'étape 5 de la partie « En Route » pour déterminer le meilleur moyen de radionavigation pour atterrir sur cette piste. Dans ce cas du drone, on n'applique pas la procédure LEAVING TMA car les conditions VMC sont inapplicables. Le drone poursuivra ses approches jusqu'à en réussir une, même si cela doit conduire à des dégâts sur l'appareil.

[0058] Dans le cas avion piloté le procédé peut suivre la procédure jusqu'au bout. Le FMS va donc proposer de suivre le même cheminement que ci dessus et, en cas de 2^{ème} échec d'atterrissage, va récupérer le polyèdre TMA dans la BDP, chaîner au dernier point de Missed approach une droite dans l'axe de ce dernier segment jusqu'à la limite de la TMA, éventuellement contraindre les points créés en altitude (ici 3000 pieds). En cas de succession d'approches manquées, la procédure d'urgence ultime sera normalement l'intervention des avions de chasse qui guideront l'avion dans son atterrissage.

Revendications

1. Dispositif d'aide à la navigation (10) d'un aéronef (30) comprenant des moyens (110, 120, 130, 140) pour élaborer un plan de vol et une trajectoire dudit aéronef, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre des moyens de stockage sous forme de base de données informatique (150) de procédures à utiliser dans des situations d'urgence prédéfinies et des moyens de traitement informatique (160) permettant de modifier le plan de vol et la trajectoire en cours en conformité avec les procédures applicables à chaque situation d'urgence et de manière optimale pour une fonction de préférence choisie d'une combinaison de critères de navigation.
2. Dispositif d'aide à la navigation selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** la base de données informatique des procédures (150) comprend en outre des données relatives aux manoeuvres d'atterrissage et de décollage dont certaines sous forme de segments de trajectoire utilisables par les moyens d'élaboration de plan de vol (110, 120, 130, 160).
3. Dispositif d'aide à la navigation selon l'une des revendications 1 à 2 **caractérisé en ce que** les moyens de stockage des procédures comportent des moyens de mise à jour de masse et des moyens de mise à jour partielle de ladite base de données informatique (150).
4. Dispositif d'aide à la navigation selon l'une des revendications 1 à 3 comprenant en outre des moyens de localisation (170), **caractérisé en ce que** les moyens de traitement informatique (160) coopèrent avec lesdits moyens de localisation (170), d'élaboration de plan de vol et de trajectoire (110, 120, 130, 140) pour sélectionner dans la base de données informatique (150) les procédures applicables à un cas d'urgence déclenché au lieu et dans la situation en route, d'approche ou de décollage où se trouve l'aéronef.
5. Dispositif d'aide à la navigation selon l'une des revendications 1 à 4 **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre des moyens de détection de la situation d'urgence (190) et des moyens d'initialisation en entrée des moyens de traitement informatique.
6. Dispositif d'aide à la navigation selon l'une des revendications 1 à 5 **caractérisé en ce que** les moyens de traitement informatique (160) comportent des moyens de sélection et de présentation de certaines des modifications de plan de vol et de trajectoire conformes et optimales à un pilote de l'aéronef et des moyens de choix parmi lesdites modifications.
7. Dispositif d'aide à la navigation selon l'une des revendications 1 à 5 comprenant en outre une interface (200) avec des moyens de pilotage automatique de l'aéronef (210), **caractérisé en ce que** les moyens de traitement informatique (160) sont aptes à prendre le contrôle desdits moyens de pilotage automatique pour assurer l'exécution par l'aéronef des procédures conformes et optimales sans intervention d'un pilote.
8. Procédé d'aide à la navigation d'un aéronef comprenant des étapes d'élaboration de plan de vol et de trajectoire dudit aéronef utilisant une base de données de navigation (130), **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre, en réponse au déclenchement d'une situation d'urgence parmi un ensemble de situations prédéfinies, un appel à des

procédures, stockées dans une base de données informatiques des procédures (150), à exécuter dans ladite situation d'urgence, et à des traitements informatiques pour modifier le plan de vol et la trajectoire en cours en exécution des procédures appelées et de manière optimale pour une fonction de préférence choisie d'une combinaison de critères de navigation.

5 9. Procédé d'aide à la navigation d'un aéronef selon la revendication 8 comprenant en outre une étape de localisation de l'aéronef, **caractérisé en ce que** l'appel aux procédures stockées comprend une étape de choix des procédures à appliquer en fonction de la localisation et de la situation en route, d'approche ou de décollage de l'aéronef.

10 10. Procédé d'aide à la navigation d'un aéronef selon l'une des revendications 8 à 9 **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre une étape de détection de la situation d'urgence et une étape d'initialisation de l'appel aux procédures stockées à exécuter dans ladite situation d'urgence.

15 11. Procédé d'aide à la navigation d'un aéronef selon l'une des revendications 8 à 10 **caractérisé en ce que** les traitements informatiques pour modifier le plan de vol et la trajectoire en cours comportent une étape de sélection et de présentation de certaines des modifications de plan de vol et de trajectoire conformes et optimales à un pilote de l'aéronef et une étape de choix parmi lesdites modifications.

20 12. Procédé d'aide à la navigation d'un aéronef selon l'une des revendications 8 à 10 apte en outre au pilotage automatique de l'aéronef, **caractérisé en ce que** les moyens de traitement informatique en cours (160) pour modifier le plan de vol et la trajectoire sont aptes à prendre le contrôle de la fonction de pilotage automatique pour assurer l'exécution par l'aéronef des procédures conformes et optimales sans intervention d'un pilote.

25 13. Procédé d'aide à la navigation d'un aéronef selon l'une des revendications 8 à 12 **caractérisé en ce que**, en réponse à une panne d'une des liaisons de communication de l'aéronef (180) intervenant lorsque l'aéronef est en route, il comprend :

- des étapes (410, 420, 430) de calcul du segment de plan de vol qui autorise le maintien de la trajectoire pendant un temps de maintien donné issu de la base de données informatiques des procédures (150), éventuellement relevé par la contrainte d'altitude minimale à respecter prélevée dans la base de données de navigation, puis de calcul de la trajectoire pour rejoindre ledit segment de plan de vol de maintien, puis de suivi dudit segment de plan de vol de maintien, puis, à l'expiration dudit temps de maintien,
- une étape (440) de convergence vers un point d'approche prescrit par la base de données informatique des procédures (150), puis, à l'arrivée sur ledit point d'approche,
- une étape (450, 460) d'attente sur une boucle calculée sous contrainte d'altitude minimale à respecter prélevée dans la base de données informatiques des procédures, la durée de ladite étape d'attente étant calculée pour que l'heure d'atterrissage se situe dans un intervalle prescrit, puis, à l'issue de dite étape d'attente,
- une étape (470) d'atterrissage conforme à la procédure entrée par le contrôle avant la panne de communication ou, à défaut, à une procédure calculée.

40 14. Procédé d'aide à la navigation d'un aéronef selon la revendication 13 **caractérisé en ce que** l'étape de calcul de la trajectoire pour rejoindre le segment de plan de vol de maintien s'effectue sous contrainte d'optimisation de l'écart avec les aéronefs environnants.

45 15. Procédé d'aide à la navigation d'un aéronef selon la revendication 14 **caractérisé en ce que** le virage de rejointe du segment de plan de vol de maintien fait un angle avec ledit segment qui maximise l'écart des temps mis par l'aéronef pour rejoindre ledit segment et ceux mis par les aéronefs environnants pour rejoindre un point à la verticale du point de rejointe, les aéronefs environnants pris en considération étant ceux dont la trajectoire passe à une distance verticale inférieure à un minimum prescrit du point de rejointe.

50 16. Procédé d'aide à la navigation d'un aéronef selon la revendication 13 **caractérisé en ce que** la durée de l'étape d'attente sur la boucle calculée est calculée en prenant en compte la masse à l'atterrissage autorisée.

55 17. Procédé d'aide à la navigation d'un aéronef selon la revendication 13 **caractérisé en ce que** la procédure calculée de l'étape d'atterrissage utilise les moyens sol d'aide à l'atterrissage de manière optimale.

18. Procédé d'aide à la navigation d'un aéronef selon la revendication 17 **caractérisé en ce que** l'optimisation de l'utilisation des moyens sols d'aide à l'atterrissage comporte un ordre prescrit desdits moyens et **en ce que** dans

le cas où aucun desdits moyens ne permet une approche, une approche automatique préprogrammée est utilisée.

- 5 19. Procédé d'aide à la navigation d'un aéronef selon l'une des revendications 8 à 12 **caractérisé en ce que**, en réponse à une panne de la liaison de communication entre l'aéronef et le contrôle de trafic aérien intervenant lorsque l'aéronef est en phase de décollage, il comprend :

- 10 - Une étape de chargement du plan de vol panne de communications à partir de la base de données informatique des procédures et des coordonnées des points caractéristiques de la zone terminale et de détermination du premier point caractéristique à l'extérieur de la dite zone terminale, puis
- Une étape de chaînage dudit plan de vol panne de communications sur ledit point caractéristique, ledit chaînage étant calculé pour minimiser la distance de rejointe en minimisant le contournement de la TMA

- 15 20. Procédé d'aide à la navigation d'un aéronef selon la revendication 19 **caractérisé en ce que** le calcul de minimisation de la distance de rejointe en minimisant les contours de la TMA comprend les étapes suivantes :

- 20 - Pour une marge choisie de contournement de la TMA, une étape de création de couples de points de trajectoire sur des segments bissecteurs créés au points d'inflexion de la TMA, chacun des points du couple se situant à une distance des points d'inflexion correspondant à la marge choisie de contournement de ladite TMA, puis,
- Une étape de calcul des distances totales à parcourir par l'aéronef sur les trajectoires reliant la position actuelle de l'aéronef au premier point caractéristique à l'extérieur de la zone terminale en passant par les points possibles en sortie de l'étape précédente, puis,
- Une étape de détermination de la trajectoire, parmi celles en sortie de l'étape précédente, pour laquelle la distance totale à parcourir par l'aéronef est la plus faible, puis,
- Une étape d'assignation d'une altitude de croisière égale à la dernière instruction reçue du contrôle avec un profil de montée intégrant les contraintes d'altitude minimale du secteur, puis,
- Une étape de passage aux procédures de détermination d'un plan de vol en réponse à une panne de la liaison de communication entre l'aéronef et le contrôle de trafic aérien intervenant lorsque l'aéronef est en route.

- 30 21. Procédé d'aide à la navigation d'un aéronef selon l'une des revendications 8 à 12 **caractérisé en ce que**, en réponse à une panne de la liaison de communication entre l'aéronef et le contrôle de trafic aérien intervenant lorsque l'aéronef est en phase d'approche sans possibilité de suivre une procédure en conditions à vue, il comprend :

- 35 - Une étape de détermination de la piste d'atterrissage parmi celles stockées dans la base de données informatiques des procédures, soit celle résultant de la prise en compte du vent mesuré soit cette préconisée par ladite base de données
- Une étape d'atterrissage comprenant une optimisation de l'utilisation des moyens sols d'aide à l'atterrissage comportant un ordre prescrit dans l'utilisation desdits moyens et, dans le cas où aucun desdits moyens ne permet une approche, l'utilisation d'une approche automatique préprogrammée.

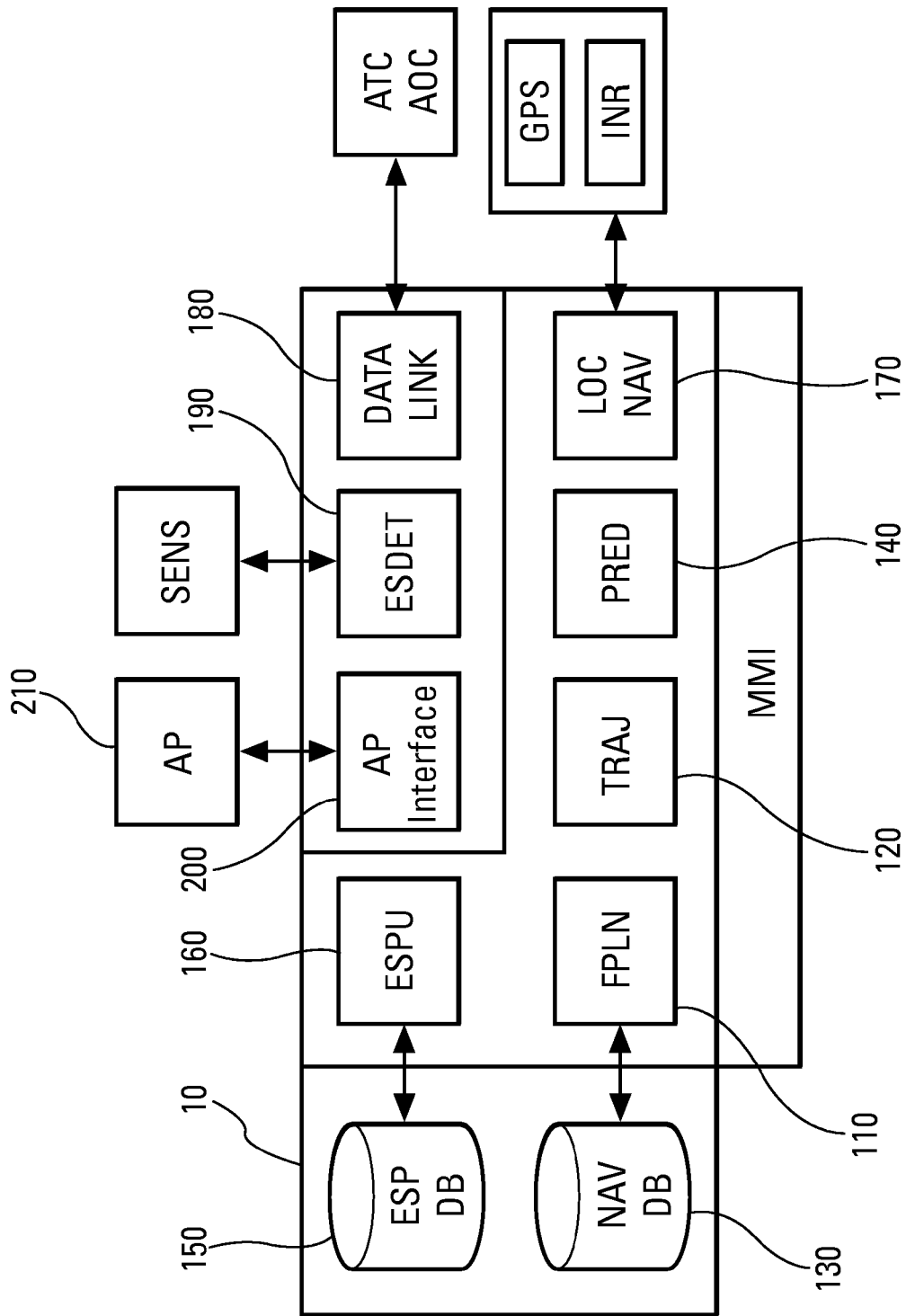


Fig. 1

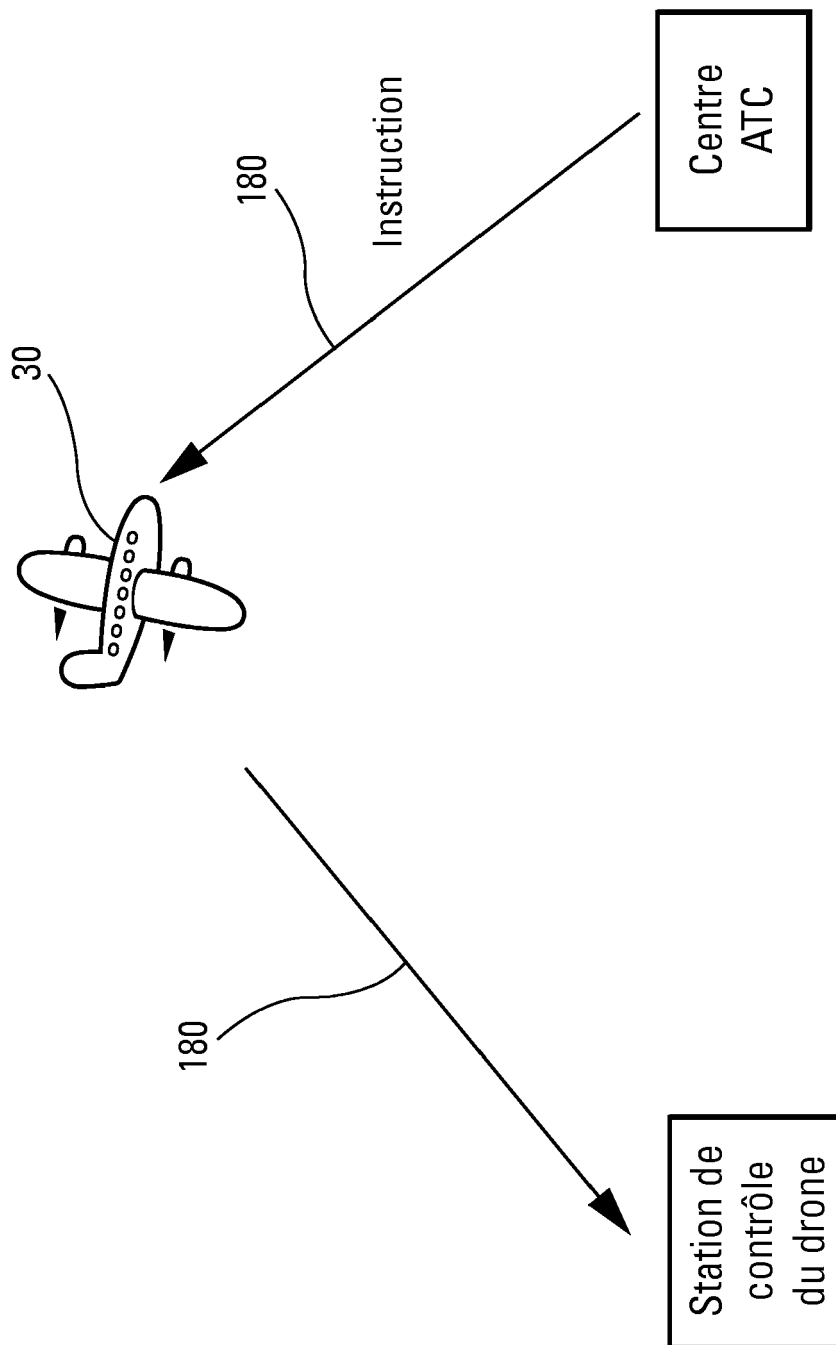


Fig. 2

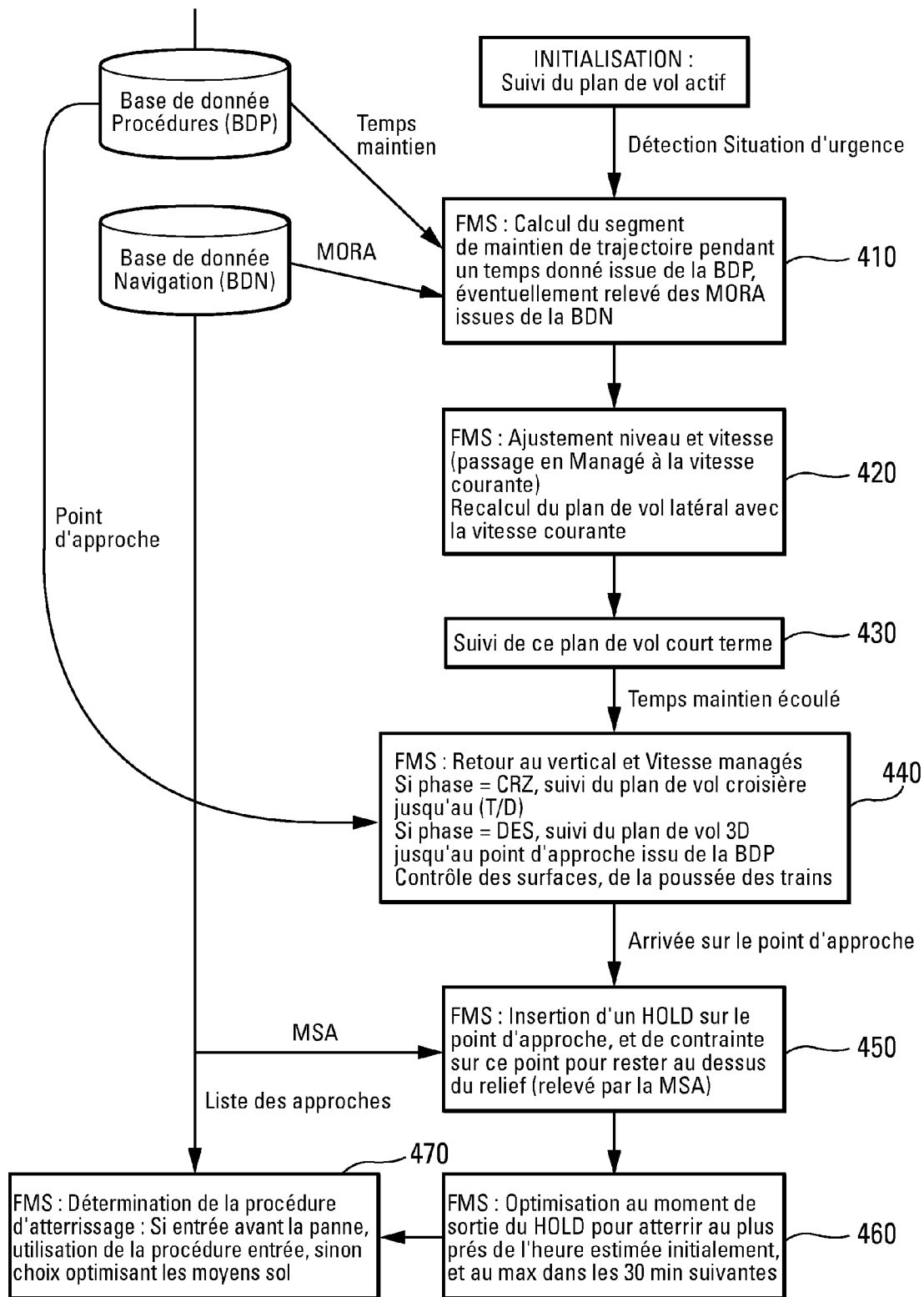


Fig. 3

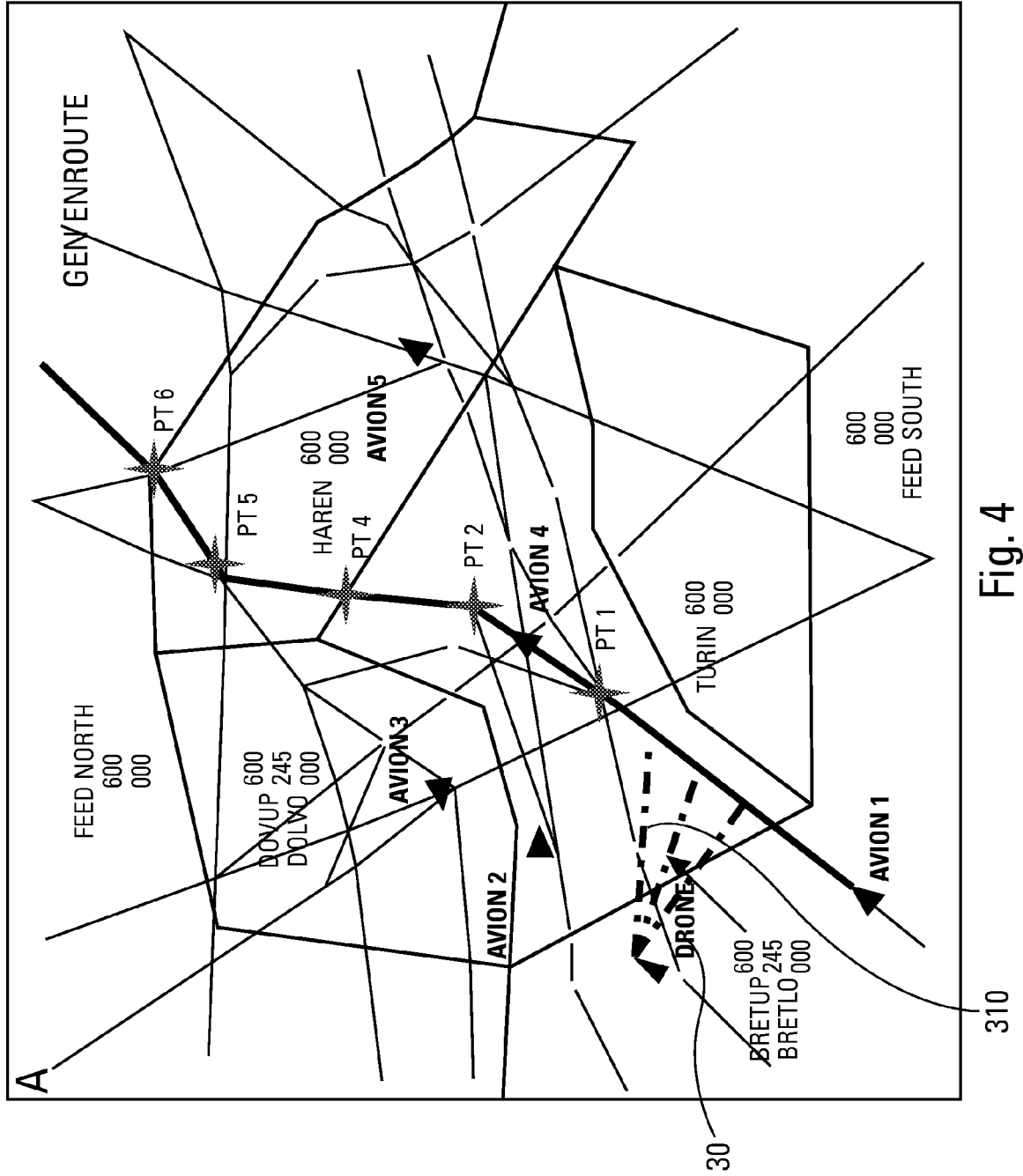


Fig. 4

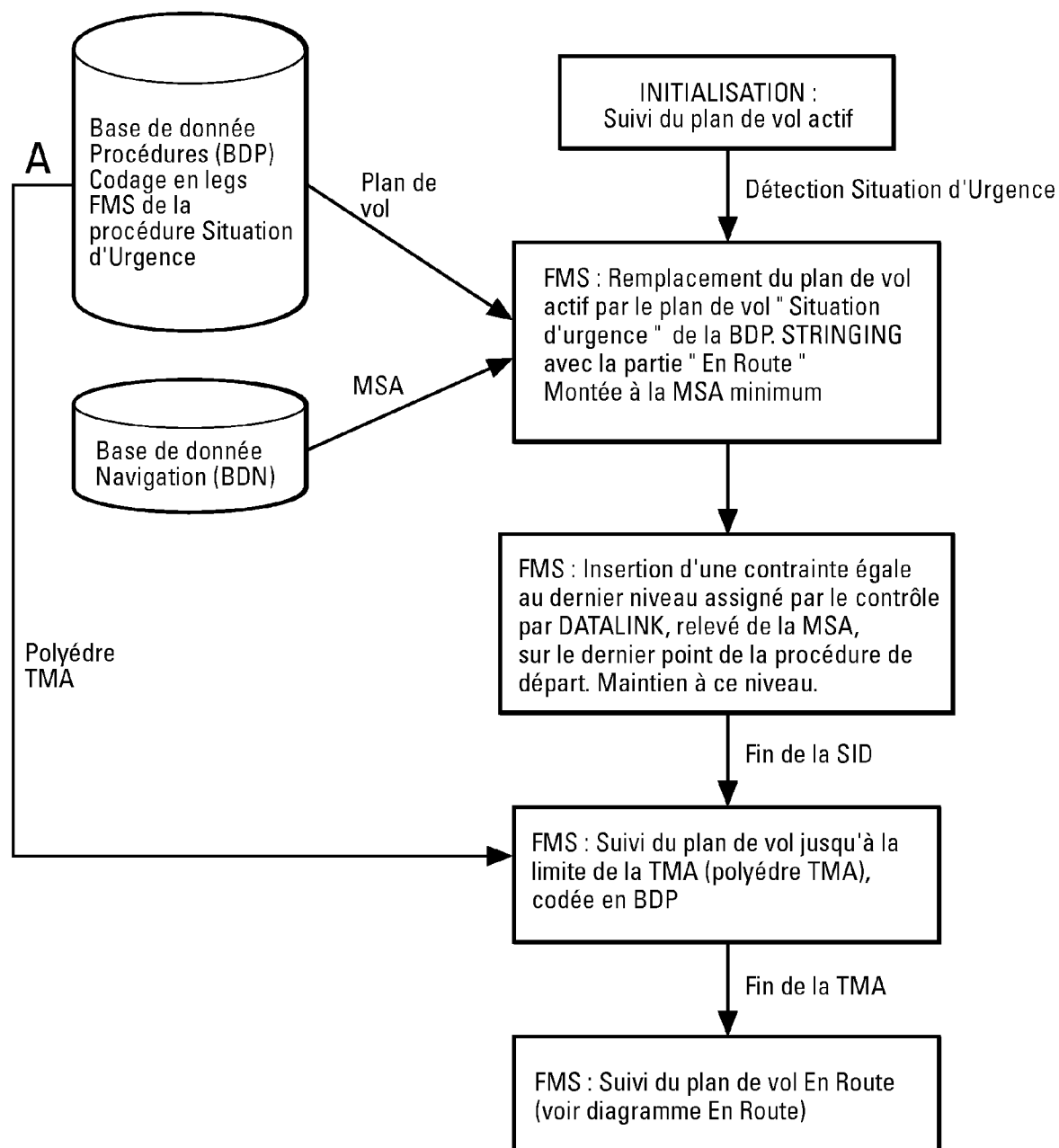


Fig. 5

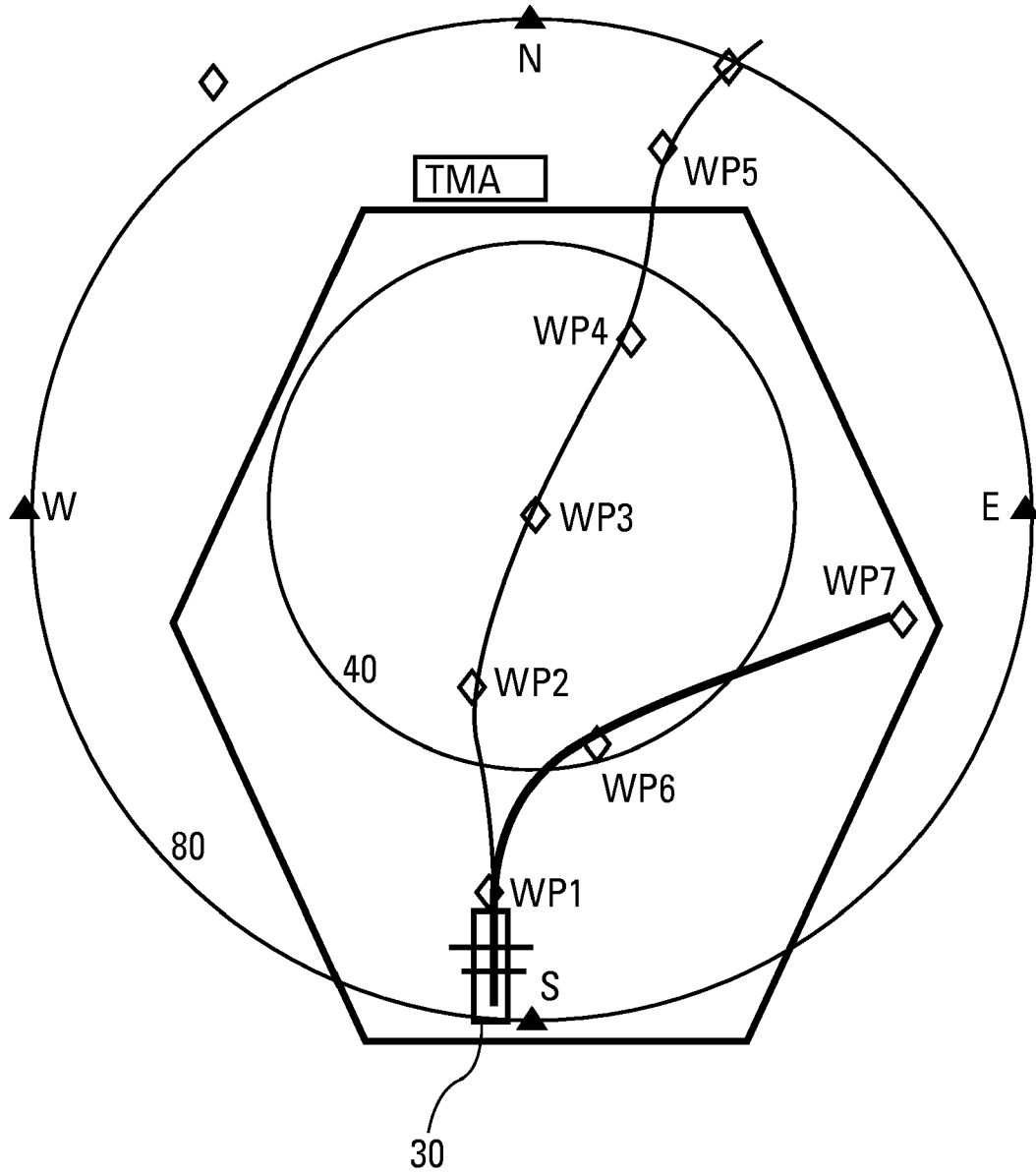


Fig. 6

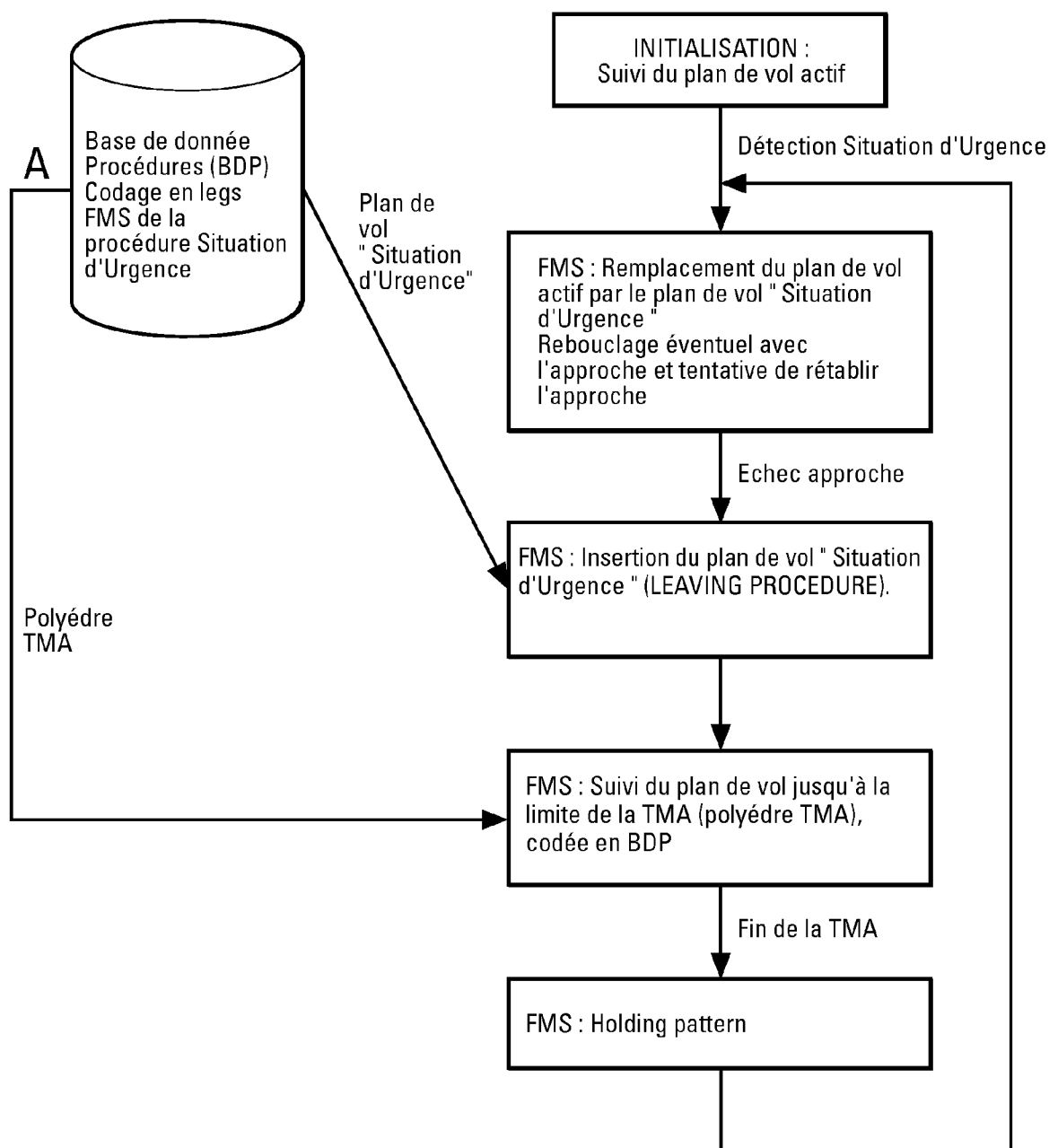


Fig. 7

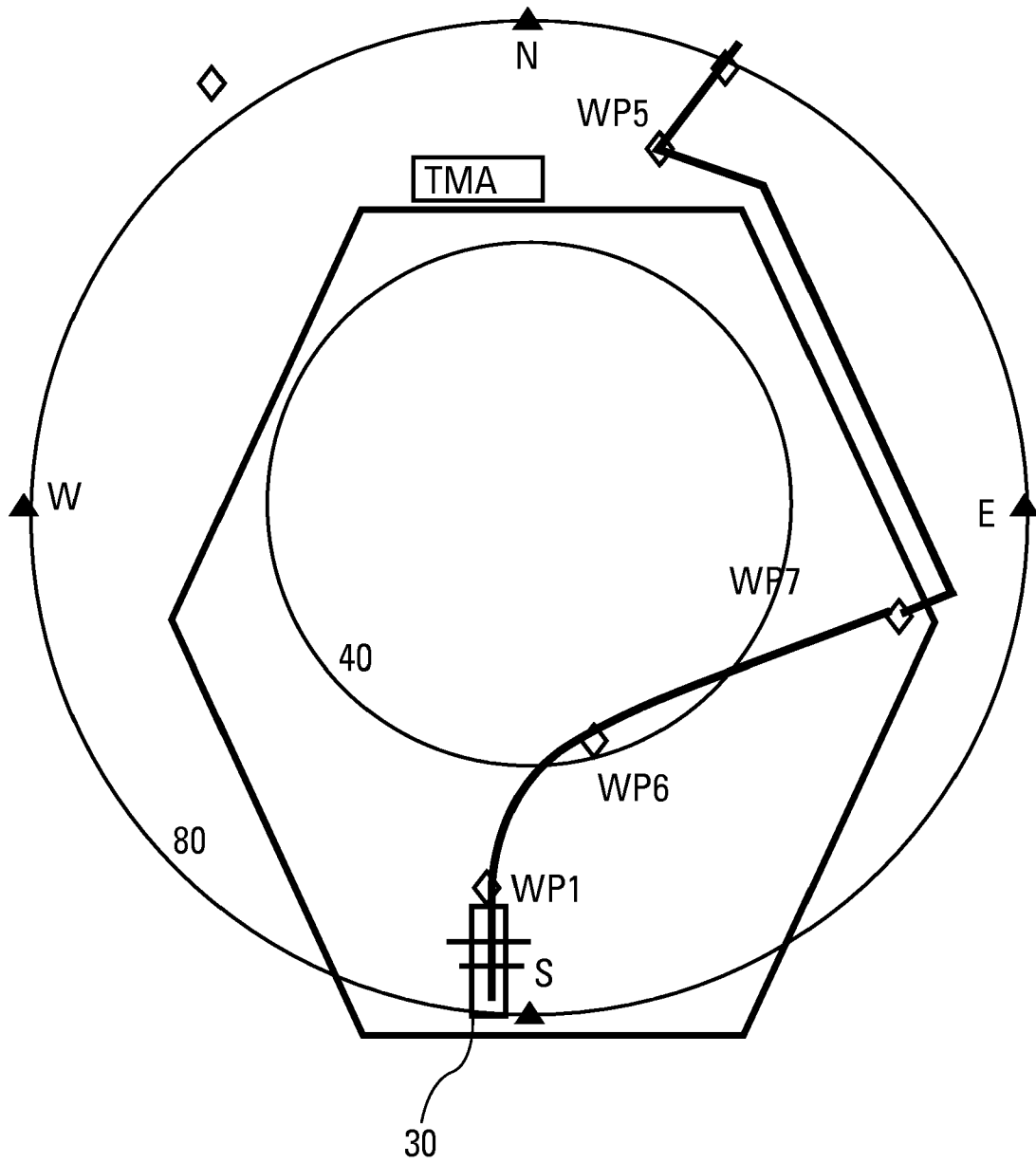


Fig. 8



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 2004/111192 A1 (NAIMER HUBERT L ET AL) 10 juin 2004 (2004-06-10) * abrégé *	1-21	INV. G08G5/04
A	EP 0 743 580 A (THE BOEING COMPANY) 20 novembre 1996 (1996-11-20) * abrégé *	1-21	
A	US 6 856 864 B1 (GIBBS MICHAEL J ET AL) 15 février 2005 (2005-02-15) * abrégé *	1-21	
P,A	FR 2 872 316 A (THALES SOCIETE ANONYME) 30 décembre 2005 (2005-12-30) * page 1, ligne 2 - page 3, ligne 18 *	1-21	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G08G
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		20 mars 2007	Bourdier, Renaud
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>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</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 06 12 5434

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

20-03-2007

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2004111192	A1	10-06-2004	US 6643580 B1	04-11-2003
EP 0743580	A	20-11-1996	DE 69628375 D1	03-07-2003
			DE 69628375 T2	27-11-2003
			US 5842142 A	24-11-1998
US 6856864	B1	15-02-2005	EP 1352315 A2	15-10-2003
			WO 0241131 A2	23-05-2002
FR 2872316	A	30-12-2005	CA 2572186 A1	05-01-2006
			EP 1761829 A1	14-03-2007
			WO 2006000590 A1	05-01-2006

EPO FORM P0460

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