

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : **2 906 921**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **06 08870**

51) Int Cl<sup>8</sup> : G 08 G 5/04 (2006.01), G 01 S 13/94, G 06 T 17/00,  
B 64 D 45/00

12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

22) Date de dépôt : 10.10.06.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 11.04.08 Bulletin 08/15.

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.

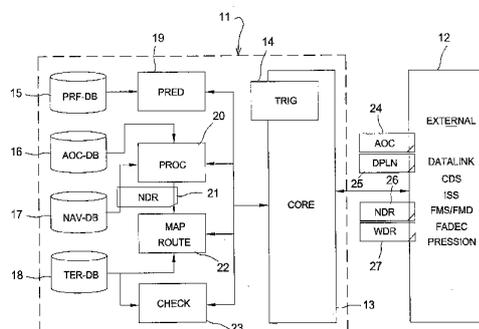
72) Inventeur(s) : DEKER GUY, MARTY NICOLAS et  
COULMEAU FRANCOIS.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

54) **PROCEDE DE FORMATION D'UNE TRAJECTOIRE D'URGENCE EN 3D POUR AERONEF ET DISPOSITIF DE  
MISE EN OEUVRE.**

57) Le procédé conforme à l'invention est un procédé de  
fourniture d'une trajectoire d'urgence en 3D pour aéronefs,  
et il est caractérisé en ce que, dès l'apparition d'une situa-  
tion nécessitant une modification non planifiée de la trajec-  
toire courante, on recherche au moins une meilleure  
trajectoire possible permettant la continuation sûre vis-à-vis  
du relief et/ou des conditions environnantes vers un point de  
ralliement, cette trajectoire étant mise à jour en fonction des  
évolutions des conditions environnantes, en fonction des in-  
formations fournies par les capteurs de bord et/ou des infor-  
mations extérieures reçues.



FR 2 906 921 - A1



## PROCEDE DE FORMATION D'UNE TRAJECTOIRE D'URGENCE EN 3D POUR AERONEF ET DISPOSITIF DE MISE EN OEUVRE

La présente invention se rapporte à un procédé de formation d'une trajectoire  
5 d'urgence en 3D pour aéronef ainsi qu'à un dispositif de mise en œuvre de ce  
procédé.

Les situations exceptionnelles, en particulier celles nécessitant une descente  
sécurisée à proximité du relief, nécessitent des prises de décisions rapides dans des  
conditions de stress extrêmes.

10 Les premières minutes après détection de l'incident sont critiques et une  
mauvaise décision peut avoir de graves conséquences sur la poursuite du vol ou la  
charge de travail imposée à l'équipage pour l'assumer ou la rectifier.

Les problèmes que pose une descente d'urgence ont été évoqués par exemple  
dans les publications suivantes :

15 -le bulletin de sécurité de la FAA, selon laquelle la descente d'urgence  
implique des notions d'angles de descente raides, de grandes vitesses et de  
paumes moites,

-l'article « Training and proficiency » (AMCC III.d), selon lequel une  
situation complexe d'urgence impliquerait la mise en œuvre d'une ou  
20 plusieurs procédures d'urgence, la redéfinition d'une trajectoire et d'un profil  
de descente et la communication au contrôle aérien des trois informations  
essentielle en matière de contrôle aérien que sont la nature de la situation  
d'urgence, la quantité restante de carburant et le nombre de personnes à bord.  
En outre, en situation d'urgence, l'obligation primordiale du pilote est de  
25 continuer à piloter l'aéronef de façon sûre et professionnelle malgré la  
situation environnante, et il doit appliquer systématiquement les procédures  
en vigueur.

-Selon la publication « OPERATIONS FOR AIRCRAFT AT ALTITUDES  
ABOVE 25.000 FT - (FAA - AC61-107A) », le temps effectif  
30 d'accomplissement des performances (« Effective Performance Time ou EPT  
en anglais) ou le temps de conscience utile (« Time of Useful Consciousness  
ou TUC en anglais) est le laps de temps pendant lequel un pilote est apte à

remplir de façon effective ou adéquate son devoir malgré la raréfaction en oxygène. La valeur de l'EPT décroît en fonction de l'altitude jusqu'à coïncider avec le temps nécessaire au sang pour passer des poumons à la tête et déterminé habituellement pour une altitude supérieure à 10.000 mètres. Le  
5 TUC est, pour une vitesse ascensionnelle standard, d'environ 2,5 à 3 mn (pour une altitude d'environ 7.500 m) et d'environ 9 à 12 s (pour une altitude d'environ 15.000 m), alors qu'il est, en cas de décompression rapide, de 1,5 à 2,5 mn et de 5 s pour les mêmes altitudes, respectivement.

Pour illustrer la dangerosité de telles situations d'urgence, on peut citer, pour  
10 l'année 2005, trois cas d'aéronefs ayant rencontré des problèmes météorologiques ou un probable problème de dépressurisation et s'étant écrasés en montagne ou à proximité d'une ville.

Parmi les systèmes embarqués existants auxquels on pourrait recourir pour aider le pilote dans une situation d'urgence du type de celles citées ci-dessus, on peut  
15 citer :

-Les systèmes ISS/TAWS (« Terrain Awareness & Warning System ») en tant que calculateur autonome ou intégré avec les fonctions TCAS et WXR dans un ISS « Integrated Surveillance System » qui remplissent une fonction primaire de surveillance d'anticollision (« Safety Net ») avec le terrain et ont pour but l'émission  
20 d'alertes sonores lors d'une approche exceptionnelle du relief permettant à l'équipage de réagir en engageant une ressource verticale avant qu'il ne soit trop tard. Pour ce faire, les systèmes TAWS, découplés de systèmes de navigation, comparent périodiquement la trajectoire théorique que décrirait l'aéronef lors d'une ressource et la comparent à une coupe du terrain survolé obtenue à partir d'un  
25 modèle numérique de terrain mondial embarqué à bord du calculateur.

La disponibilité d'un modèle du terrain autorise des fonctions secondaires permettant d'améliorer la perception de la situation de l'équipage (« Situation Awareness »). Parmi elles, le THD (« Terrain Hazard Display ») est décrit dans le TSO-c151b du TAWS et a pour objectif une représentation des marges  
30 verticales relatives à l'altitude de l'aéronef par des tranches de fausses couleurs

présentées sur l'écran de navigation. Les TAWS de classe A, obligatoires pour les avions de transport commerciaux, disposent généralement d'un mode cartographique simplifié à quelques tranches hypsométriques (le mode ELEVVIEW pour le T<sup>2</sup>CAS de THALES), permettant de disposer d'une représentation du terrain  
5 lors de phases de vol en croisière.

Les représentations en fausses couleurs sont actuellement limitées par les standards d'affichage ARINC-453 (de type WXR) et par les contraintes de certification qui amènent à volontairement dégrader la résolution des représentations graphiques proposées afin de ne pas permettre leur utilisation pour la navigation,  
10 incompatible avec le niveau de certification défini pour un TAWS.

Les fonctions réalisées par un TAWS sont insuffisantes pour permettre, quelles que soient les causes d'une situation d'urgence (météorologie, dépressurisation, panne moteur, navigation, urgence médicale ...), de faire rapidement et définitivement le choix d'une trajectoire de descente valable jusqu'à  
15 la mise en sécurité de l'aéronef pour permettre à l'équipage de répartir sa charge de travail sur les autres tâches nécessaires à la sauvegarde et à la résolution des problèmes rencontrés.

En effet, le THD propose une représentation du terrain limitée à 1500 pieds sous l'aéronef, marge largement insuffisante pour anticiper les dangers lors d'une  
20 descente depuis un régime de croisière. Les dispositifs connus de représentation hypsométrique proposent une représentation cartographique simplifiée dissociée de la notion d'altitude de sécurité locale ou de valeurs liées aux procédures de descente d'urgence. Ces deux modes d'affichage proposent des coupes du relief sensiblement horizontales, pour lesquelles le niveau de représentation est décorrélé de la capacité  
25 de l'aéronef à rejoindre effectivement cette zone, ce qui les rend impropres à la représentation des zones que peut atteindre l'aéronef dans des situations d'urgence telles que celles citées ci-dessus.

En outre, la résolution des modèles numériques de terrain de l'ordre de 15 secondes d'arc (ou moins) est trop élevée en regard des marges opérationnelles  
30 requises pour les situations envisagées et de fait non certifiables pour des fonctions de navigation, et les données du TAWS ne permettent pas d'assurer le suivi

automatique de la trajectoire, ni d'accéder aux données de navigation, ni d'accéder au modèle de performances pour réaliser des prédictions de (profil vertical, temps de vol et consommation de carburant nécessaire à la définition des zones et procédures réalisables).

5 La présente invention a pour objet un procédé d'amélioration de la sécurité du vol lors de situations opérationnelles nécessitant une modification non planifiable du plan de vol combinée, le cas échéant, à une descente vers des niveaux de vol situés à proximité de reliefs. Les situations envisagées sont, entre autres :

10 -La descente rapide, ou « Power dive », consécutive à une dépressurisation, une zone de fortes turbulences ou givrages, ou une alerte à la bombe. La trajectoire de ralliement vers un point déterminé doit amener l'aéronef à un niveau de vol compatible avec les conditions d'urgence rencontrées, sans forcément tenter de rallier un aéroport.

15 -La dérive d'altitude, ou « Drift down », consécutive à une perte partielle de la propulsion. La trajectoire de ralliement doit permettre de rallier un aéroport sur lequel les inspections et réparations requises pourront être réalisées par les équipes de maintenance compétentes.

20 -La descente en vol plané, ou « Power off dive », imposée par la perte complète de la propulsion. La trajectoire de ralliement doit permettre de rallier rapidement un aéroport en contournant les reliefs.

-Les urgences médicales nécessitant le ralliement rapide d'un aéroport adapté aux soins requis par le passager ou le membre d'équipage en difficulté.

25 -Les incidents nécessitant de rejoindre un aéroport adapté à une inspection de sécurité de l'aéronef par des équipes de maintenance compétentes. La trajectoire de ralliement doit permettre de respecter des contraintes de temps de vol ou de limitation du débattement des gouvernes.

L'amélioration de la sécurité doit respecter les facteurs suivants :

30 -La réduction du stress de l'équipage en proposant automatiquement une solution de mise en sécurité de l'aéronef garantissant le strict respect des minima de sécurité requis par la réglementation aérienne et les performances de l'aéronef (finesse, distance franchissable, ...),

-La réduction du temps d'élaboration de la trajectoire de mise en sécurité de l'aéronef, permettant de réduire drastiquement le temps d'exposition aux conditions d'hypoxie (cas de dépressurisation) ou d'améliorer la distance franchissable en activant rapidement les conditions de vol à la meilleure finesse vers  
5 une destination pouvant être atteinte à coup sûr (en cas de panne moteur),

-La réduction de la charge de travail de l'équipage lors du traitement de la situation d'urgence, en évitant les réévaluations successives de la trajectoire choisie au cours de la descente, libérant autant de temps pour résoudre la cause de la situation d'urgence ou réaliser les autres actions requises (« check-lists », contact  
10 ATC, évitement de conflits TCAS...)

Le procédé de l'invention permet avantageusement d'élaborer automatiquement:

-L'acquisition et la caractérisation de conditions à bord de l'aéronef correspondant à une situation requérant une descente non planifiée vers des niveaux  
15 de vol à proximité de reliefs,

-L'élaboration du profil vertical de vol adapté aux possibilités aérodynamiques et structurelles de l'aéronef pour la gestion de la situation opérationnelle de descente détectée,

-L'établissement d'une cartographie des zones géographiques pouvant être  
20 atteintes selon le profil de descente respectant les marges latérales opérationnelles réglementaires par rapport aux reliefs environnants, aux zones de navigation aériennes contrôlées et aux phénomènes atmosphériques risqués,

-Le tri des destinations possibles pour l'aéronef selon des règles de priorités imposées par les procédures applicables dans la situation opérationnelle de  
25 descente détectées, les capacités de navigation de l'aéronef (distance franchissable, limitation des gouvernes, ...), les zones géographiques déterminées pouvant être atteintes ainsi que les préférences de la compagnie d'exploitation,

-La proposition d'une section de plan de vol permettant de rejoindre la destination désignée par l'équipage en respectant le profil de descente requis et les  
30 marges opérationnelles réglementaires,

-L'interaction avec l'équipage lui permettant d'activer les fonctions utilisées, de désigner la destination souhaitée pour l'aéronef et de sélectionner l'activation de l'automatisation du suivi de la trajectoire ainsi planifiée.

La présente invention a également pour objet un dispositif de mise en œuvre  
5 du procédé précité, dispositif n'utilisant que les moyens matériels couramment disponibles dans les aéronefs, et ne nécessitant qu'un minimum de modifications de ces moyens existants.

Le procédé conforme à l'invention est un procédé de fourniture d'une trajectoire d'urgence en 3D pour aéronefs, et il est caractérisé en ce que, dès  
10 l'apparition d'une situation nécessitant une modification non planifiée de la trajectoire courante, on recherche au moins une meilleure trajectoire possible permettant la continuation sûre vis-à-vis du relief et/ou des conditions environnantes vers un point de ralliement, cette trajectoire étant mise à jour en fonction des évolutions des conditions environnantes, en fonction des informations fournies par  
15 les capteurs de bord et/ou des informations extérieures reçues.

Le dispositif de mise en œuvre du procédé de l'invention est caractérisé en ce qu'il comporte :

- un calculateur et les éléments suivants qui lui sont reliés :
- un dispositif de détection de situation opérationnelle,
- 20 -une base de données de performances de l'aéronef,
- une base de données de navigation,
- une base de données de terrain,
- un dispositif de calcul de profils vertical de descente et de palier, de calcul de vitesse le long de ce profil, de calcul de temps de vol et de passage en des  
25 points déterminés e la trajectoire,
- un dispositif d'établissement de la liste triée des procédures que peut mettre en oeuvre l'aéronef,
- un dispositif d'établissement de la cartographie des zones qu'il est possible d'atteindre,
- 30 -un dispositif déterminant le trajet requis pour atteindre la destination sélectionnée, et

-un dispositif d'évaluation de la situation opérationnelle

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 :

- 5           - la figure 1 est un bloc-diagramme simplifié d'un dispositif de gestion de vol (dit FMS) classique d'aéronef
- la figure 2 est un bloc-diagramme simplifié d'un exemple de dispositif de mise en œuvre de la présente invention,
- la figure 3 est un bloc-diagramme simplifié d'un exemple  
10           d'implantation dans les calculateurs d'un aéronef du dispositif de la figure 2,
- les figures 4A à 4D sont des exemples de vues d'écrans de TAWS sans et avec la mise en œuvre du procédé de l'invention,
- les figures 5 à 8 sont des chronogrammes simplifiés montrant les  
15           étapes successives de la mise en œuvre du procédé de l'invention pour différents niveaux de complexité fonctionnelle, et
- la figure 9 est un exemple de profil de terrain sous une trajectoire de descente d'urgence telle qu'élaborée selon le procédé de l'invention.

L'invention est décrite ci-dessous en référence à différentes situations  
20 d'urgence pouvant survenir pour un aéronef, mais il est bien entendu qu'elle peut également être mise en œuvre pour différents autres types d'engins volants, tels que de drones, quelles que soient les situations d'urgence pouvant survenir.

Sur le bloc-diagramme simplifié d'un dispositif de gestion de vol (dit FMS) classique d'aéronef de la figure 1, qui est doté d'une interface homme-machine  
25 IHM. On a représenté les fonctions suivantes du FMS, décrites dans la norme ARINC 702 (Advanced Flight Management Computer System, Dec 1996). Elles assurent normalement tout ou partie des fonctions de :

- ❖ Navigation LOCNAV, référencée 1, pour effectuer la localisation optimale de l'aéronef en fonction des moyens de géo-localisation (GPS, GALILEO, balises  
30 radios VHF, centrales inertielles, référencés 1A dans leur ensemble) ,
- ❖ Plan de vol FPLN, référencé 2, pour saisir les éléments géographiques

- constituant le squelette de la route à suivre, à savoir : procédures de départ et d'arrivée, points de passage (« waypoints »), autoroutes du ciel (« airways »),
- ❖ Base de données de navigation NAV DB, référencée 3, pour construire des routes géographiques et des procédures à partir de données incluses dans les bases (points, balises, « legs » d'interception ou d'altitude...),
  - ❖ Base de données de performance PRF DB, référencée 4, contenant les paramètres aérodynamiques et ceux des moteurs de l'appareil,
  - ❖ Trajectoire latérale TRAJ, référencée 5, pour construire une trajectoire continue à partir des points du plan de vol, respectant les performances de l'aéronef et les contraintes de confinement (RNP) ;
  - ❖ Fonction de prédiction PRED, référencée 6, pour construire un profil vertical optimisé sur la trajectoire latérale,
  - ❖ Guidage, GUID, référencé 7, pour guider dans les plans latéraux et verticaux l'aéronef sur sa trajectoire 3D, tout en optimisant la vitesse, en liaison avec le pilote automatique 8,
  - ❖ Liaison de données numériques « DATALINK », référencée 9, pour communiquer avec les centres de contrôle et les autres aéronefs, référencés 10.

Les fonctions accessibles via un FMS du type de celui présenté ci-dessus, en particulier pour la création d'un plan de vol, sont insuffisantes pour atteindre les objectifs de l'invention. En effet, la création d'un plan de vol ne vérifie pas l'intersection de la trajectoire proposée avec le relief, et le FMS ne dispose pas d'un modèle numérique de terrain permettant de réaliser les calculs d'interférence de la trajectoire prédite avec le relief.

L'invention est décrite ci-dessous en référence, entre autres, à un art antérieur décrit dans des brevets ou demandes de brevets de la Demanderesse cités ci-dessous et se rapportant à des résultats de travaux menés dans les domaines de la gestion du vol (incluant les produits de type FMS), de la surveillance (incluant les produits de type TAWS, WXR et ISS) et des bases de données, et couvrant les thèmes ci-après :

- ❖ Les procédés d'élaboration des zones qu'il est possible d'atteindre selon un profil de vol vertical donné et leur représentation sur l'écran de navigation,

- ❖ Les procédés d'élaboration de la cartographie des marges latérales vis-à-vis des reliefs environnants et leur représentation sur l'écran de navigation,
  - ❖ Les procédés d'élaboration d'une trajectoire permettant le vol et contournant un ensemble de zones géographiques non utilisables (interdites ou dangereuses) et du plan de vol associé au sens des « legs » définis dans la standardisation ARINC-424 – pour les systèmes de type FMS,
  - ❖ Les procédés d'élaboration de trajectoire latérale et verticale FMS respectant des critères d'évitement d'aléas météorologiques,
  - ❖ Les procédés de re-planification automatique du vol dus à des problèmes de sûreté (pilote illégal aux commandes, pilotes morts ...),
  - ❖ Les procédés de calcul de routes optionnelles FMS dans un contexte « What if »
- Les brevets ou demandes de brevets de la Demanderesse évoqués ci-dessus sont les suivants :
- (1) FR 2 749 686 ou US6097996 (Deker): il décrit un « Flight planner » latéral, qui est un procédé permettant d'éviter des avions mobiles.
  - (2) FR 2 749 675 ou US6161063 (Deker): il décrit un « Flight planner » vertical, qui est un procédé permettant d'éviter des zones à risques.
  - (3) FR 2 752 934 ou US6181987 (Deker/Bomans): il décrit un système proposant au pilote une stratégie de plan de vol lors d'un changement de celui-ci.
  - (4) Demande de brevet français 06 01204 (Coulmeau) : « Procédé de vol autonome ». Cette demande de brevet décrit un système proposant une re-planification du vol, négociée ou non avec les autorités en cas d'indisponibilité de l'équipage.
  - (5) Demande de brevet français 05 12423 (Coulmeau) : « Dispositif et procédé de construction automatisée de trajectoire d'urgence pour aéronefs ». Cette demande de brevet décrit un système proposant un calcul de plan de vol de

sortie du plan de vol actif en cas d'urgence, compatible des procédures internationales.

(6) Brevets français 2 860 292, 2 861 478, 2 867 851, 2 867 270 (Marty/Bitar).

Ces brevets décrivent les inventions suivantes :

- 5     ○ Des procédés de réalisation d'une cartographie de la distance curviligne approchée nécessaire pour rejoindre chacun des points de l'espace environnants une position d'origine en contournant les reliefs et obstacles rencontrés selon un profil vertical donné,
- 10    ○ Un procédé de détection des zones de reliefs se révélant non franchissables en fonction du profil de vol vertical attendu de l'aéronef.

(7) Demande de brevet FR 05.10515 et brevet FR 2 864 312 (Marty/Bitar) :

« Procédé d'aide à la navigation pour aéronef en situation d'urgence ». Ces brevets décrivent :

- 15    ○ Des procédés de cartographie de la distance latérale aux reliefs environnants,
- La détermination des zones qu'il est possible d'atteindre pour un aéronef selon un profil de vol vertical donné, en particulier lors d'une panne moteur ou d'une dépressurisation,
- 20    ○ La prise en compte de marges latérales imposées par les procédures aéronautiques civiles,
- La représentation graphique des zones qu'il est possible d'atteindre afin d'aider l'équipage à déterminer le point de destination pour l'aéronef.

(8) Demande de brevet FR 05.12420 (Marty/Bitar/François) : « Procédé de

détermination du profil horizontal d'un plan de vol respectant un profil de vol vertical imposé ». Ce brevet décrit en particulier :

- 25    ○ La détermination d'une trajectoire respectant des contraintes de courbure minimale permettant de rejoindre deux points de l'espace selon un profil de vol vertical imposé en contournant les reliefs et obstacles environnants,
- La prise en compte de zones réglementées par la navigation aérienne et

indépendantes des capacités intrinsèques de la dynamique de vol de l'aéronef,

- La prise en compte de marges latérales par rapport aux reliefs et zones réglementées environnantes,
- 5 ○ Un procédé de description de la trajectoire selon un plan de vol (séquence de « legs » TF « fly-by » selon les définitions du standard ARINC-424.17) en s'appuyant sur des points référencés par leurs coordonnées géographiques et non de type « Fix » .

10 La présente invention a pour objectif de seconder l'équipage dans l'élaboration d'une route permettant de résoudre un incident de vol d'un aéronef, en particulier un vol nécessitant de se rapprocher du relief. En conséquence, vue des autres équipements de l'aéronef, l'invention se comporte comme une fonction permettant l'introduction et l'activation d'un plan de vol de substitution relatif à cet  
15 incident.

La présente description considère donc comme préexistants l'ensemble des mécanismes et des échanges de données et d'informations réalisés lors de l'élaboration d'un plan de vol. En particulier, ne seront pas reprises les descriptions des échanges entre le FMS et le FMD (« Flight Management Display »), ni des  
20 affichages proposés sur le CDS (« Control and Display System »).

De même, la présente description ne propose pas d'innovation quant à la capacité de systèmes existants à réceptionner via le « Datalink » (liaison radio numérique) des plans de vol proposés par la compagnie d'exploitation. Toute étape du processus décrit ci-après peut à tout moment être interrompue pour activer une  
25 procédure existant actuellement, comme en particulier l'activation d'un plan de vol AOC (relatif aux préférences de la compagnie exploitant l'aéronef, appelée simplement « compagnie » par la suite).

La description ci-dessous présuppose l'existence de systèmes sol/bord aptes à fournir à l'équipage une description des zones météorologiques de divers types et des  
30 zones de navigation actives sous forme numérique. Néanmoins, ces données restent optionnelles : en leur absence, la seule restriction sur le plan de vol élaboré est qu'il

ne contourne éventuellement pas ces zones.

On a représenté en figure 2 l'architecture fonctionnelle 11 d'un exemple de mise en œuvre du procédé de l'invention. Les éléments de l'ensemble fonctionnel 11 sont en liaison avec les divers éléments respectifs d'un ensemble 12 d'éléments extérieurs à l'ensemble 11, appelé par la suite « EXTERNAL ». Dans l'exemple représenté sur le dessin, les éléments que comprend l'ensemble 12 sont : la liaison « Datalink », le CDS, l'ISS, le FMS et le FMD, le FADEC (« Full Authority Digital Engine Computer », c'est-à-dire le calculateur de commande des moteurs de l'aéronef), et les capteurs de mesure de pression interne de l'aéronef, imposée par le système de pressurisation.

L'ensemble 11 comprend les éléments suivants dont le fonctionnement est décrit ci-dessous:

- un « cœur interactif » de calcul (« CORE ») 13 associé à une fonction de calcul 14 (« TRIG ») et communiquant d'une part avec les éléments de l'ensemble 12, et d'autre part avec les autres éléments 15 à 23, décrits ci-dessous, de l'ensemble 11,
- une base de données 15 de performances de l'aéronef (PRF-DB),
- une base de données optionnelle 16 de préférences de la compagnie (AOC-DB),
- une base de données 17 de données de navigation (NAV-DB),
- une base de données 18 de terrain (TER-DB),
- une fonction 19 d'exploitation des paramètres de l'aéronef et du modèle de performances de cet aéronef (PRED),
- une fonction 20 d'établissement de liste des procédures possibles à atteindre (PROC),
- une mémoire optionnelle 21 de données de navigation (NDR, soit « Navigation Data Report »),
- une fonction 22 d'établissement de la cartographie des zones pouvant être atteintes par l'aéronef (MAP) et de détermination du trajet requis (ROUTE),
- une fonction optionnelle 23 de vérification de trajectoire.

D'autre part, l'ensemble 12 reçoit et traite les données suivantes :

- optionnellement, les préférences 24 de la compagnie (AOC), communiquées via le Datalink,
- les données 25 de plan de vol de descente (DPLN),
- optionnellement, des données 26 de navigation (NDR), qui peuvent être affichées pour l'équipage sur des dispositifs de visualisation appropriés,
- des données météorologiques 27 (WDR).

Dans le détail, les données reçues par les différents éléments des ensembles 11 et 12 sont les suivantes :

- ❖ DPLN (« Descent PlaN ») 25 : représente le plan de vol de descente de substitution élaboré conformément à l'invention,
- ❖ WDR (« Weather Data Report ») 27: représente les données météorologiques consolidées par les systèmes à bord comme l'ISS ou au sol auprès des organismes de contrôle via les communications de données ou VHF,
- ❖ NDR (« Navigation Data Report ») 21 et 26 : représente les données sur les zones aéronautiques actives extraites de la base de données de navigation ou via les communications de données ou VHF et affichées sur les dispositifs de visualisation consultés par l'équipage.

Les bases de données citées ci-dessus sont organisées de la façon suivante :

- ❖ TER-DB 18: modèle de terrain similaire à celui d'un ISS/TAWS, mais sa résolution est plus grossière car spécifiquement adaptée aux marges de sécurité du plan de vol de descente élaboré, afin de réduire la taille nécessaire à son stockage et à son utilisation.
- ❖ NAV-DB 17 : base de données de navigation, qui peut être celle utilisée par le FMS ou bien similaire à celle-ci.
- ❖ PRF-DB 15 : modèle de performances, qui peut avantageusement être celui utilisé par le FMS ou bien similaire à celui-ci.
- ❖ AOC-DB 16: base de données de paramètres de préférences de la compagnie utilisée pour la sélection des aéroports disposant, par exemple, des moyens de maintenance adéquats.

Les éléments de l'ensemble 11 remplissent les fonctions suivantes :

- TRIG 14: il évalue la situation opérationnelle nécessitant une adaptation du plan de vol de l'aéronef. A partir des données d'entrée suivantes : les conditions de pressurisation de l'aéronef, les demandes de l'équipage, les conditions des moteurs, il élabore la situation opérationnelle.  
5
  
- PRED 19 : il établit à partir de l'altitude de l'aéronef, des conditions atmosphériques et du modèle de performances les données suivantes : le profil vertical de descente et de palier, le profil de vitesse le long du profil de descente, les temps de vol et de passage aux points, et les prédictions de consommation.
  
- 10 ➤ MAP 22: il établit la cartographie des zones qu'il est possible d'atteindre à partir du profil vertical défini par PRED, du modèle de terrain de TER-DB, des contraintes météorologiques, des contraintes de navigation, et de la position 3D de l'aéronef.
  
- ROUTE 22 : il détermine à partir de la cartographie des zones qu'il est possible  
15 d'atteindre le trajet requis pour atteindre la destination sélectionnée par l'équipage, c'est-à-dire la trajectoire contournant le relief et la section correspondante du plan de vol (sous la forme d'une séquence de legs TF « fly by » ou « fly over »).
  
- PROC 20: il établit la liste triée, selon différents critères préétablis (puisque si  
20 l'ordre ne plait pas au pilote, il a toujours la possibilité de ne pas choisir la première option de la liste), des procédures (publiées ou élaborées par l'équipage), qu'il est possible d'atteindre pour l'aéronef à partir des données suivantes : la situation opérationnelle définie par TRIG, la liste des priorités des procédures (selon la situation envisagée) et les procédures compatibles avec la  
25 carte MAP.

- CHECK 23: il vérifie les interférences de la trajectoire calculée par le FMS à partir de la trajectoire prédite par des segments et des arcs et de la base de données du terrain via TER-DB.
- Le cœur interactif 13 (CORE) réalise les opérations suivantes (selon la complexité fonctionnelle choisie et exposée ci-dessous) :
  - (1) La détection de la situation d'urgence (pouvant être automatique, par exemple en cas de panne moteur, ou manuelle sur décision du pilote),
  - (2) L'activation des fonctions de calcul,
  - (3) La transmission de la trajectoire de descente et des procédures que peut mettre en œuvre l'aéronef à la compagnie via le Datalink, afin de permettre à celle-ci de transmettre ses préférences ou de proposer une route de dégagement en retour,
  - (4) La demande de mise à jour des informations météorologiques et d'activation des zones, via le Datalink ou la VHF,
  - (5) L'interactivité avec l'équipage en vue de l'activation de la route élaborée.

On a représenté en figure 3 un exemple de répartition des fonctions citées ci-dessus comme suit :

- ❖ Partition REG\_NAV : elle est responsable des fonctions liées à la gestion du vol et à l'ordonnancement du dispositif de l'invention, comme en particulier les traitements liés au cœur d'un système de type FMS et à ses interfaces externes avec le CDS et le datalink. Les fonctions de l'invention incluses dans cette partition sont CORE, TRIG, PROC, PRED.
- ❖ Partition TER\_NAV : elle est responsable des fonctions liées à la présentation des zones qu'il est possible d'atteindre et à l'établissement de la route de contournement respectant les marges latérales avec le terrain environnant. Les fonctions de l'invention incluses dans cette partition sont MAP et ROUTE.

- ❖ Partition TER\_MON : elle est responsable de la vérification de la route finalement élaborée par le FMS vis-à-vis du relief environnant. La fonction incluse à cette partition est CHECK.

Le dispositif de l'invention peut être facilement mis en œuvre dans une architecture classique de calculateurs aéronautiques. En effet, la ségrégation des fonctions TER\_NAV et TER\_MON permet la réalisation implicite d'une architecture avionique de type COM/MON en garantissant que les principes algorithmiques de MAP/ROUTE et de CHECK sont différents et que de plus, les deux fonctions sont réalisées par des applications aéronautiques disjointes et éventuellement de niveau de criticité différents

Par ailleurs, les systèmes envisagés (de type FMS ou ISS) sont prévus en fonctionnement dual. Cette duplication dissymétrique des plates-formes embarquant les dispositifs de calcul vient en complément de la réalisation COM/MON de la fonction de contournement du relief et permet d'atteindre le niveau de criticité requis pour de telles fonctions, selon la complexité fonctionnelle retenue.

La complexité fonctionnelle selon l'invention est avantageusement disponible selon cinq niveaux de réalisation. Pour chacun, un exemple de répartition entre les systèmes FMS et ISS/TAWS est présenté ci-après.

- ❖ Niveau 1 : « Awareness Only » (simple présentation d'un incident)
  - Les fonctions accessibles à ce niveau sont limitées à l'évaluation et à la présentation à l'équipage des zones qu'il est possible d'atteindre, au travers des fonctions PRED et MAP,
  - L'équipage est responsable de la détermination des procédures accessibles, de l'établissement manuel du plan de vol, en particulier du choix du point de ralliement, de sa vérification et de son activation.
- ❖ Niveau 2 : « Emergency Flight Plan Checker » (vérification d'un plan de vol de secours)

- Le système propose une liste triée des procédures accessibles. L'accessibilité des procédures proposées à l'équipage n'est pas vérifiée *a priori* par PROC,
- 5 ○ L'équipage est responsable de la sélection d'une procédure, de l'établissement du plan de vol et de la demande de vérification de la procédure choisie,
- Le système réalise, sur demande, une vérification du plan de vol pour détecter les interférences avec le relief via la fonction CHECK,
- 10 ○ L'équipage est responsable de l'activation du plan de vol, après vérification.
- ❖ Niveau 3 : « Assisted Emergency Flight Checker » (vérification assistée d'un plan de vol de secours)
  - Le système propose une présentation des zones qu'il est possible d'atteindre et une liste triée des procédures que peut mettre en œuvre l'aéronef via les fonctions PRED, MAP et PROC,
  - 15 ○ L'équipage est responsable de la sélection interactive d'une procédure, de l'établissement du plan de vol et de la demande de vérification de la procédure choisie,
  - Le système réalise, sur demande, une vérification du plan de vol pour détecter les interférences avec le relief via la fonction CHECK,
  - 20 ○ L'équipage est responsable de l'activation du plan de vol, après vérification.
- ❖ Niveau 4 : « Assisted Emergency Flight Planner » (établissement assisté d'un plan de vol de secours)
  - 25 Le système propose une présentation des zones qu'il est possible d'atteindre et une liste triée des procédures que peut mettre en œuvre l'aéronef, via les fonctions PRED, MAP et PROC,

L'équipage est responsable de la sélection interactive d'une procédure,

Le système réalise une construction du plan de vol complet via ROUTE, déclenche les prédictions, vérifie les interférences et active le plan de vol sélectionné.

- 5 ❖ Niveau 5 : « Fully Automatic Emergency Flight Planner » (Mise en service automatique d'un plan de vol de secours).

Si l'équipage est dans l'impossibilité de sélectionner une procédure (à la suite d'une brusque dépressurisation, par exemple), le système réalise automatiquement une construction du plan de vol complet via ROUTE, déclenche les prédictions, vérifie les interférences et active le plan de vol sélectionné. ce niveau est déclenché automatiquement au bout d'un laps de temps paramétré par configuration, après proposition au pilote par le système d'une liste triée des procédures atteignables et si, pendant ce laps de temps le système n'a pas identifié une action du pilote pour sélectionner un élément de la liste (« ACTIVATE ») ou pour abandonner la procédure automatique en cours (« CANCEL »).

La répartition des diverses fonctions de l'invention peut être réalisée sur divers types de plates-formes d'accueil, dont les systèmes de type FMS et ISS/TAWS cités en préambule. Selon les ressources disponibles et les systèmes extérieurs existants, la réalisation peut varier en termes de fonctions développées ou d'affectation des ressources de calcul. Par hypothèse, pour les descriptions ci-dessous:

- ❖ Les systèmes ISS et FMS sont interconnectés via les moyens et protocoles standard.
- 25 ❖ Le plan de vol élaboré avec l'aide du système de l'invention est de type « Plan de vol d'urgence » s'ajoutant aux plans actuels : actif, secondaire(s), temporaire.

- ❖ La sélection par l'équipage du « plan de vol d'urgence » déclenche implicitement tous les traitements habituels appliqués aux plans de vol existants (prédictions, affichage, ...).

Le tableau ci-dessous résume des exemples de possibilité de répartition des fonctions sur les plates-formes réalisables en étendant les systèmes existants en fonction des niveaux de complexité fonctionnelle retenus.

Dans ce tableau, les lignes 1 à 4 se rapportent aux niveaux de complexité fonctionnelle définis ci-dessus, et les variantes A et B de chaque niveau correspondent respectivement à la variante la plus classique, et à une variante moins classique. Les options de niveau 5 sont identiques au niveau 4. Seule l'automatisation de la sélection de la procédure à engager les différencie.

15

20

	<b>PRED</b> Profil de descente	<b>MAP/ROUTE</b> Zones pouvant être atteintes	<b>CHECK</b> Vérification du plan de vol	<b>PROC</b> Procédures pouvant être mises en oeuvre	<b>Création interactive</b> du plan de vol	<b>Proposition automatique</b> du plan de vol
<b>1 A</b>	FMS	ISS/TAWS	N/A	N/A	N/A	N/A

	<b>PRED Profil de descente</b>	<b>MAP/ROUTE Zones pouvant être atteintes</b>	<b>CHECK Vérification du plan de vol</b>	<b>PROC Procé- dures pouvant être mises en oeuvre</b>	<b>Création inter- active du plan de vol</b>	<b>Proposition automa- tique du plan de vol</b>
<b>1 B</b>	FMS	FMS	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>2 A</b>	N/A	N/A	FMS	FMS	FMS	N/A
<b>2 B</b>	N/A	N/A	ISS/TAWS	FMS	FMS	N/A
<b>3 A</b>	FMS	ISS/TAWS	ISS/TAWS	FMS	FMS	N/A
<b>3 B</b>	FMS	FMS	FMS	FMS	FMS	N/A
<b>4 A</b>	FMS	ISS/TAWS	ISS/TAWS	FMS	FMS	FMS
<b>4 B</b>	FMS	FMS	FMS	FMS	FMS	FMS
<b>5A</b>	FMS	ISS/TAWS	ISS/TAWS	FMS	FMS	FMS
<b>5B</b>	FMS	FMS	FMS	FMS	FMS	FMS

Les procédés mis en œuvre par les fonctions MAP et ROUTE sont décrits dans les brevets ou demandes de brevets cités ci-dessus en (6), (7) et (8) et sont basés

sur les données suivantes :

- ❖ Un profil de vol vertical qui est fonction des capacités de vitesse et descente de l'aéronef. Il est évalué par le FMS si ce système est disponible ou basé sur un modèle simplifié sinon. Par exemple, un profil de descente à vitesse verticale ou  
5 pente constante, paramétrable dans la configuration par défaut en fonction du type d'aéronef sur lequel est installé le dispositif. Le modèle choisi doit être conservatif en termes de sécurité vis-à-vis du relief, c'est à dire qu'il doit correspondre à un profil de descente plus rapide que celui que l'avion pourra réaliser. Ainsi, la solution n'est pas optimale, mais elle reste sûre. Le seul moyen  
10 de la rendre sûre et optimisée est d'utiliser un modèle de performances complet.
- ❖ Un profil de marges de sécurité requises en vue de s'éloigner latéralement des reliefs contournés, et qui est fonction :
  - des capacités de virage de l'aéronef selon des hypothèses de virage à plat,
  - des procédures de descente d'urgence impliquant le respect de marges  
15 définies selon l'espace utilisé.
- ❖ Une position de départ, qui est celle de l'aéronef ou une extrapolation à court terme imposée par les procédures. Par exemple, la position considérée peut être approchée par la position de l'aéronef décalée d'une minute de vol sur un cap à 45° de sa route initiale.
- 20 ❖ Une position d'arrivée imposée par la procédure sélectionnée et la destination envisagée,
- ❖ Une description des zones à contourner en complément du relief, par exemple :
  - Les zones météorologiques saisies par l'équipage au moyen d'une  
25 interface dédiée ou fournies par la fonction « Weather Data Consolidation » en charge de la fusion des données du radar avec les services d'informations météorologiques,

- Les zones aéronautiques actives (telles que celles définies par les codes OACI : R, D, P) extraites de la base de navigation ou des informations du contrôle aérien.
- ❖ Une base de données du terrain spécifiquement adaptée à l'invention, afin de garantir une dissymétrie avec la base de terrain du TAWS et celle utilisée par la fonction CHECK. La taille obtenue avec les critères ci-dessous est inférieure à 4Moctets pour une couverture mondiale. Ses caractéristiques sont, par exemple, les suivantes :
  - Une résolution angulaire de 1 minute d'arc sur les longitudes et latitudes,
  - Un encodage de la valeur maximale d'altitude sur chaque cellule en centaines de pieds
  - Une structure à zones géographiques à résolutions différentes, respectivement pour représenter les zones ne nécessitant pas de cartographie détaillée, telles que les océans ou les déserts sans reliefs, et pour les zones devant être détaillées, en particulier les zones montagneuses.

Les étapes de calcul de MAP reprennent les enseignements des brevets ou demandes de brevets cités ci-dessus en (6) et (7) et réalisent les opérations suivantes :

- ❖ Cartographie des zones non franchissables, obtenue à partir du profil vertical de descente de l'aéronef fourni par ROUTE et des marges latérales de sécurité liées aux procédures utilisées.
- ❖ Représentation à l'équipage des zones pouvant être atteintes par l'aéronef et respectant à la fois les marges verticales et latérales par rapport au relief. On a respectivement représenté en figures 4A et 4B un exemple d'affichage TAWS classique et un exemple de celui conforme à l'invention. Dans ce dernier cas, les zones géographiques pouvant être atteintes par l'aéronef sont clairement délimitées sur l'écran de visualisation, dans le cas présent, par une courbe fermée en trait interrompu à l'extérieur de laquelle les zones non utilisables sont

« voilées », alors que les zones pouvant être atteintes, à l'intérieur de cette courbe, ne sont pas voilées.

Les étapes de calcul de ROUTE reprennent en particulier les enseignements des brevets ou demandes de brevets cités ci-dessus en (6) et (8) et réalisent les opérations suivantes :

- ❖ Extraction de l'enveloppe des trajectoires volables les plus courtes pour atteindre le point visé.
- ❖ Approximation d'une trajectoire contenue dans l'enveloppe par une suite de segments et d'arcs de cercle de courbures compatibles avec le profil de vitesse imposé par la fonction PRED.
- ❖ Description de la section de plan de vol comme une séquence de « legs » TF (orthodromie entre deux points fixes) du standard ARINC-424.

On a représenté en figures 4C et 4D des vues d'écran similaires à celle de la figure 4B, en y ajoutant soit une représentation de la trajectoire telle que calculée par la fonction ROUTE (figure 4C), soit une représentation d'une section du plan de vol (figure 4D) se présentant sous forme d'une suite de « legs ».

Le procédé mis en œuvre par la fonction TRIG a pour objectif de détecter la situation opérationnelle requérant l'utilisation de l'invention.

Les situations opérationnelles que peut prendre en compte le procédé de l'invention (ou une combinaison de ces situations) sont par exemple :

- Dépressurisation,
- Alerte à la bombe,
- Urgence médicale à bord,
- Conditions de givrage
- Phénomène météorologique à contourner dans le cas d'un déroutement d'urgence (latéralement ou verticalement)
- Dysfonctionnement des systèmes nécessitant un atterrissage rapide,
- Perte partielle ou totale de la propulsion, etc.

La fonction PROC a pour objectif d'établir une liste triée des procédures accessibles en exécutant les points suivants :

- ❖ Identification dans la base de données de navigation du FMS des points de référence et des points de l'espace à partir desquels sont enclenchées des procédures, points situés à proximité de l'aéronef ou d'un point désigné interactivement par l'équipage comme étant la meilleure option à prendre *a priori* pour mettre rapidement l'aéronef dans une situation sûre.
- ❖ Tri des procédures selon une liste de critères paramétrables en fonction de la version de l'équipement, du porteur, de la compagnie, ou de la procédure d'urgence à gérer (« power dive », « drift down » ou « power off »).

La proximité, vis-à-vis de l'aéronef, des points de référence et des points de l'espace d'enclenchement des procédures est évaluée par rapport à une distance seuil D configurable selon le porteur, la compagnie ou la version logicielle utilisée.

L'identification des éléments proches dans la base de données de navigation a pour objectif de lister l'ensemble des points publiés qu'il se révélerait opportun de rejoindre pour mettre l'aéronef en sécurité. Une fois le point de référence atteint, à une altitude compatible avec le problème rencontré par l'aéronef, la fonction réalisée suppose un asservissement nominal sur la procédure publiée jusqu'à résolution du problème ou la mise en œuvre des consignes du contrôle aérien.

Les éléments recherchés dans la base de données de navigation au format ARINC-424, sont les suivants :

- ❖ Section ER/R/RA (« Airways » et « CoRoutes ») pour rejoindre un niveau de vol inférieur compatible avec une procédure existante ou celles préférées par la compagnie,
- ❖ Section EA (« Waypoint ») pour rejoindre un niveau de vol inférieur en un point situé en aval du plan de vol, choisi par le pilote ou déterminé par l'algorithme comme étant le premier point « clair du relief »,
- ❖ Section EP (« Holding Patterns ») pour rejoindre une zone d'attente proche et engager une descente hélicoïdale, à minima jusqu'à l'altitude minimale publiée,

- ❖ Section PE (« Standard Terminal Arrival Routes ») pour rejoindre un des points de départ d'une procédure publiée d'approche et sécurisée vis-à-vis du relief,
  - ❖ Section PF (« Approaches ») pour rejoindre d'urgence un axe d'approche et poser l'aéronef dans les meilleurs délais.
- 5 Les critères à prendre en compte pour établir le niveau de pertinence de chacune des procédures identifiées sont en particulier :
- ❖ Distance : elle doit être compatible avec la quantité restante de carburant ou, si les prédictions de consommation ne sont pas disponibles, les procédures sont classées par ordre de distance croissante.
- 10 ❖ Aéroport :
- Code pays autorisé (par la compagnie)
  - Type autorisé (militaire, civil, ...)
  - Recommandé par la compagnie,
  - Disponibilité de STAR/APPR pour simplifier l'établissement du plan de vol jusqu'au posé et MA/GA « Missed Approach/Go Around », c'est-à-dire « Approche interrompue/Remise des gaz).
- 15
- Disponibilité de STAR amenant à deux QFU (sens de piste en service) opposés (pour éviter de ne plus avoir de possibilité d'approche selon les changements de vent local)
- 20 ❖ Procédure :
- Type de procédure (parmi celles listées ci-dessus pour la fonction PROC) et selon le contexte opérationnel, tirée de la base de données ou élaborée à bord,
  - Nombre de transitions possibles vers STAR/APPR pour augmenter les
- 25
- possibilités de reconfiguration ultérieures selon les consignes du contrôle aérien ou de la tour,
  - Longueur de piste compatible,

- Durée des procédures (ralliement du point puis STAR/APPR) pour limiter le temps d'exposition à la situation d'urgence,
  - Inclusion complète de la procédure aux zones qu'il est possible d'atteindre pour l'aéronef,
- 5      ○ Capacité d'atterrissage de l'aéronef et moyens d'atterrissage adaptés disponibles.

Les procédés mis en œuvre par la fonction PRED sont ceux que connaît bien tout homme du métier spécialisé dans le FMS (« Flight Management System » ou système de gestion de vol). La seule spécialisation envisagée par l'invention consiste à fixer les contraintes d'entrée de méthodes de calcul existantes afin d'élaborer les profils (verticaux et de vitesse) pour la situation considérée.

10      Le procédé mis en œuvre par la fonction CORE a pour objectif d'ordonner les traitements à répartir sur les systèmes en fonction de la répartition et du niveau de complexité fonctionnelle retenu.

15      On décrit ci-dessous, en référence aux figures 5 à 8, un exemple préféré de la mise en œuvre du procédé de l'invention par CORE pour les quatre premiers niveaux de complexité fonctionnelle préférentiels de l'invention, le cinquième, correspondant au « tout automatique ». Bien entendu, le nombre de niveaux de complexité fonctionnelle peut être différent de celui retenu ici.

- 20      • Niveau 1 :

Ce niveau est schématiquement illustré en figure 5. Cette figure, comme les figures 6 à 8, expose, de haut en bas, les étapes successives de la mise en œuvre de la fonction correspondante. Ainsi, les cinq étapes principales de la mise en œuvre de la fonction CORE sont, dans l'ordre chronologique :

- 25      ➤ CORE s'adresse à PRED pour qu'elle lui communique, à partir des paramètres de l'aéronef et de son modèle de performances, des évaluations relatives au profil de descente, au temps de vol et à la consommation de carburant,

- la fonction PRED lui communique les informations demandées,
- la fonction CORE communique aux fonctions MAP et ROUTE les évaluations relatives au profil de descente,
- les fonctions MAP et ROUTE communiquent en retour à CORE les zones que l'aéronef peut atteindre compte tenu desdites évaluations,
- CORE fait afficher par les dispositifs de visualisation de l'ensemble 12 les zones que l'aéronef peut atteindre.

- Niveau 2 :

10 Ce niveau, illustré en figure 6, comprend, dans l'ordre, les huit étapes principales suivantes :

- CORE demande à PROC d'évaluer la position (ou la situation) de l'aéronef et les conditions environnantes,
- PROC lui communique de façon résumée les différentes procédures relatives à cette position et pouvant être suivies à partir de cette position,
- 15 ➤ CORE fait afficher au FMD de EXTERNAL ces différentes procédures,
- l'équipage sélectionne, grâce à l'interface homme-machine du FMD la procédure qu'il juge la plus appropriée, et cette information est communiquée par le FMD à CORE,
- CORE demande à CHECK d'évaluer la pertinence de la procédure ainsi choisie,

- CHECK répond à CORE pour lui signaler d'éventuelles interférences entre la procédure choisie et la situation, en particulier en fonction du relief du terrain environnant,
- s'il existe de telles interférences, CORE les fait afficher au FMD, et dans ce cas  
5 (non représenté sur la figure), l'équipage choisit une autre procédure, et les deux étapes précédentes sont recommencées,
- lorsqu'une procédure est reconnue pertinente par CHECK, CORE la transfère au FMS pour exploitation par le FPLN.
- Niveau 3 :
- 10 Ce niveau est illustré en figure 7 et comprend les douze étapes principales suivantes :
  - CORE demande à PRED de lui communiquer, à partir des paramètres de l'aéronef et de son modèle de performances, des évaluations relatives au profil de descente, au temps de vol et à la consommation de carburant,
  - 15 ➤ la fonction PRED lui communique les informations demandées,
  - CORE transmet ces informations à MAP/ROUTE,
  - MAP/ROUTE communique à CORE la cartographie des zones que l'aéronef peut atteindre et le trajet correspondant,
  - CORE demande à PROC de lui communiquer, en fonction des informations  
20 reçues de MAP/ROUTE, la liste résumée des procédures correspondantes,
  - PROC communique à CORE la liste résumée de ces procédures,

- CORE fait afficher par le FMD ces procédures,
  - l'équipage sélectionne à l'aide de l'interface homme-machine du FMD une de ces procédures,
  - 5 ➤ CORE demande à CHECK d'évaluer la pertinence de la procédure ainsi choisie,
  - CHECK répond à CORE pour lui signaler d'éventuelles interférences entre la procédure choisie et la situation, en particulier en fonction du relief du terrain environnant, et, bien entendu, s'il existe de telles interférences, CORE les fait afficher au FMD, et dans ce cas (non représenté sur la figure), l'équipage 10 choisit une autre procédure, et ces deux dernières étapes sont recommencées,
  - lorsqu'une procédure est reconnue pertinente par CHECK, CORE la transfère au FMS pour exploitation par le FPLN.
- Niveau 4 :
- 15 Ce niveau est illustré en figure 8 et comprend les douze étapes principales suivantes :
- Les huit premières étapes sont les mêmes que celles du niveau 3 , ensuite :
  - CORE communique à MAP/ROUTE les informations relatives à la procédure choisie par l'équipage,
  - MAP/ROUTE communique à CORE le plan de vol d'urgence correspondant,
  - 20 ➤ CORE demande à CHECK de valider ce plan de vol d'urgence,

- 5
- CHECK répond à CORE pour lui signaler d'éventuelles interférences entre la procédure choisie et la situation, en particulier en fonction du relief du terrain environnant, et, bien entendu, s'il existe de telles interférences, CORE les fait afficher au FMD, et dans ce cas (non représenté sur la figure), l'équipage choisit une autre procédure, et ces deux dernières étapes sont recommencées,
  - lorsqu'une procédure est reconnue pertinente par CHECK, CORE transmet au FMS le plan de vol d'urgence ainsi validé.

- Niveau 5 :

10 La seule différence par rapport au niveau 4 est que l'on supprime la sélection d'une procédure par l'équipage et que CORE choisit la « moins mauvaise » et la fait valider par CHECK.

15 Le procédé mis en œuvre par la fonction CHECK a pour objectif de vérifier les interférences de la trajectoire établie par le FMS avec le modèle numérique de terrain.

Le calculateur, disposant des accès au modèle numérique de terrain, évalue le profil du relief pour chaque point de la trajectoire. La valeur de l'élévation du modèle de terrain retenue est définie par :

- ❖ Le pas d'échantillonnage fixé le long du déroulé de la trajectoire latérale. Il est défini par la résolution de la maille de terrain et des prédictions du FMS,
  - ❖ La largeur de la bande de terrain centrée sur la position d'échantillonnage qui est fixée par la précision de la maille de terrain et par les contraintes de navigation et de procédures, comme par exemple le RNP ( « Required Navigation Performance », ou performances de navigation exigibles) du segment en cours. La figure 9 présente un exemple de la « bande » de terrain analysée pour chaque segment et les recouvrements nécessaires.
- 20
- 25

Selon les choix de réalisation et de partage des traitements entre les systèmes disponibles, cette fonction CHECK peut être calculée par le FMS ou l'ISS/TAWS.

Ainsi, lorsque le modèle de terrain est disponible en interne dans le calculateur du FMS, le FMS est responsable de la comparaison de chaque point  
5 prédit sur le profil vertical avec la valeur d'altitude retenue pour la valeur de distance déroulée correspondante, et

Par contre, lorsque le modèle de terrain est disponible en externe dans le calculateur ISS/TAWS, le FMS exporte vers l'ISS/TAWS une description géométrique de la trajectoire latérale et verticale inspirée, par exemple, du contenu  
10 du protocole ARINC-702A. L'ISS/TAWS échantillonne la trajectoire 3D décrite par le FMS, avec un pas régulier fixé par la résolution de la base de données du terrain utilisée, l'ISS/TAWS compare de chaque échantillon avec la valeur d'altitude retenue pour la valeur de distance déroulée correspondante, et il signale au FMS les points en conflit avec le terrain.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de fourniture d'une trajectoire d'urgence en 3D pour aéronefs, caractérisé en ce que dès l'apparition d'une situation nécessitant une modification  
5 non planifiée de la trajectoire courante, on recherche au moins une meilleure trajectoire possible permettant la continuation sûre vis-à-vis du relief et/ou des conditions environnantes vers un point de ralliement, cette trajectoire étant mise à jour en fonction des évolutions des conditions environnantes, en fonction des informations fournies par les capteurs de bord et/ou des informations extérieures  
10 reçues.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'apparition d'une situation nécessitant une modification non planifiée de la trajectoire courante provoque l'acquisition et la caractérisation de conditions à bord de l'aéronef correspondant à une situation requérant une descente non planifiée vers des niveaux  
15 de vol à proximité de reliefs.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'apparition d'une situation nécessitant une modification non planifiée de la trajectoire courante provoque l'élaboration du profil vertical de vol adapté aux possibilités aérodynamiques et structurelles de l'aéronef pour la gestion de la situation  
20 opérationnelle de descente détectée.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'apparition d'une situation nécessitant une modification non planifiée de la trajectoire courante provoque l'élaboration de la cartographie des zones géographiques pouvant être atteintes selon le profil de descente respectant les marges  
25 latérales opérationnelles réglementaires par rapport aux reliefs environnants, aux zones de navigation aériennes contrôlées et aux phénomènes atmosphériques risqués.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'apparition d'une situation nécessitant une modification non planifiée de la trajectoire courante provoque le tri des destinations possibles pour l'aéronef selon  
30 des règles de priorités imposées par les procédures applicables dans la situation opérationnelle de descente détectées, les capacités de navigation de l'aéronef, les

zones géographiques déterminées pouvant être atteintes ainsi que les préférences de la compagnie d'exploitation.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'apparition d'une situation nécessitant une modification non planifiée de la trajectoire courante provoque la création d'une section de plan de vol d'urgence respectant le profil de descente requis et les marges opérationnelles réglementaires.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'apparition d'une situation nécessitant une modification non planifiée de la trajectoire courante provoque l'interaction avec l'équipage lui permettant d'activer les fonctions utilisées, de désigner la destination souhaitée pour l'aéronef et de sélectionner l'activation de l'automatisation du suivi de la trajectoire ainsi planifiée.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs niveaux de complexité fonctionnelle

9. Dispositif de fourniture d'une trajectoire d'urgence en 3D pour aéronefs, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un calculateur et les éléments suivants qui lui sont reliés :
- un dispositif de détection de situation opérationnelle (13),
- une base de données de performances de l'aéronef (15),
- une base de données de navigation (17),
- une base de données de terrain (18),
- un dispositif de calcul de profils vertical de descente et de palier, de calcul de vitesse le long de ce profil, de calcul de temps de vol et de passage en des points déterminés e la trajectoire (13),
- un dispositif d'établissement de la liste triée des procédures que peut mettre en oeuvre l'aéronef (14),
- un dispositif d'établissement de la cartographie des zones qu'il est possible d'atteindre (22),
- un dispositif déterminant le trajet requis pour atteindre la destination sélectionnée, et
- un dispositif d'évaluation de la situation opérationnelle (14).

- 5 10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comporte au moins l'un des éléments suivants : une base de données de paramètres de préférences de la compagnie (16, 24), des données sur les zones aéronautiques actives extraites de la base de données de navigation ou via les communications de données ou VHF (21, 26), et une fonction de vérification de trajectoire (23).

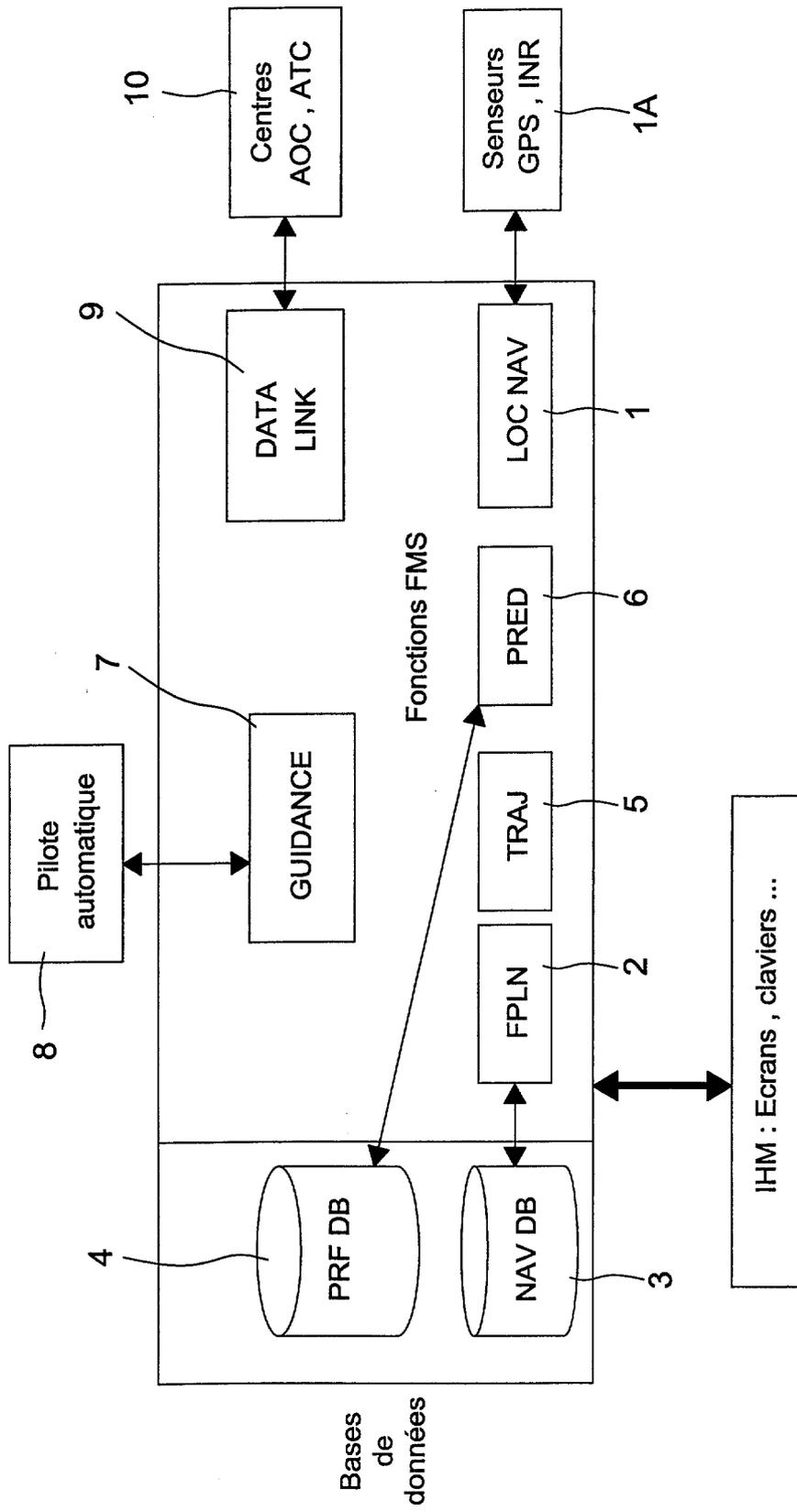


FIG.1

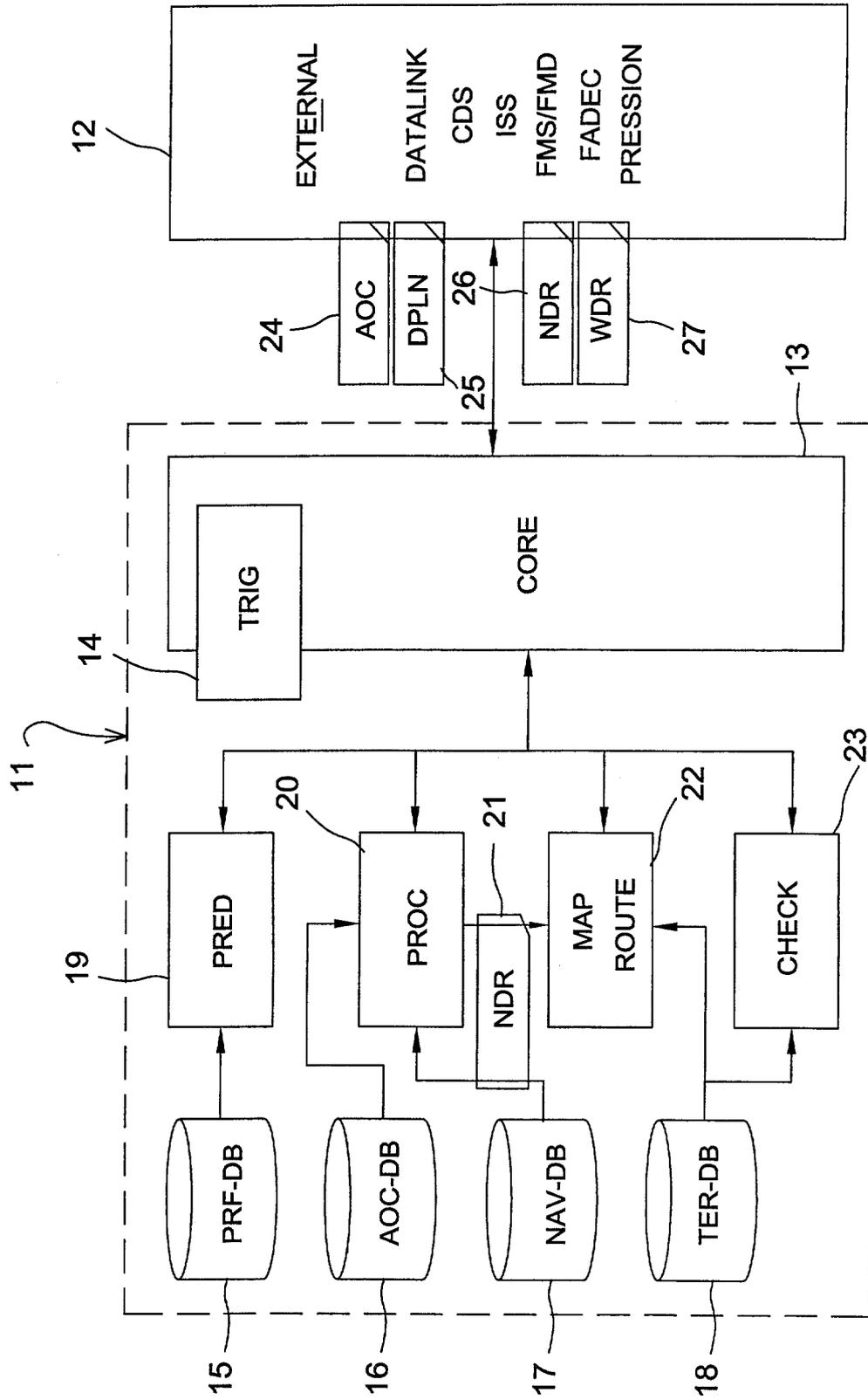


FIG.2

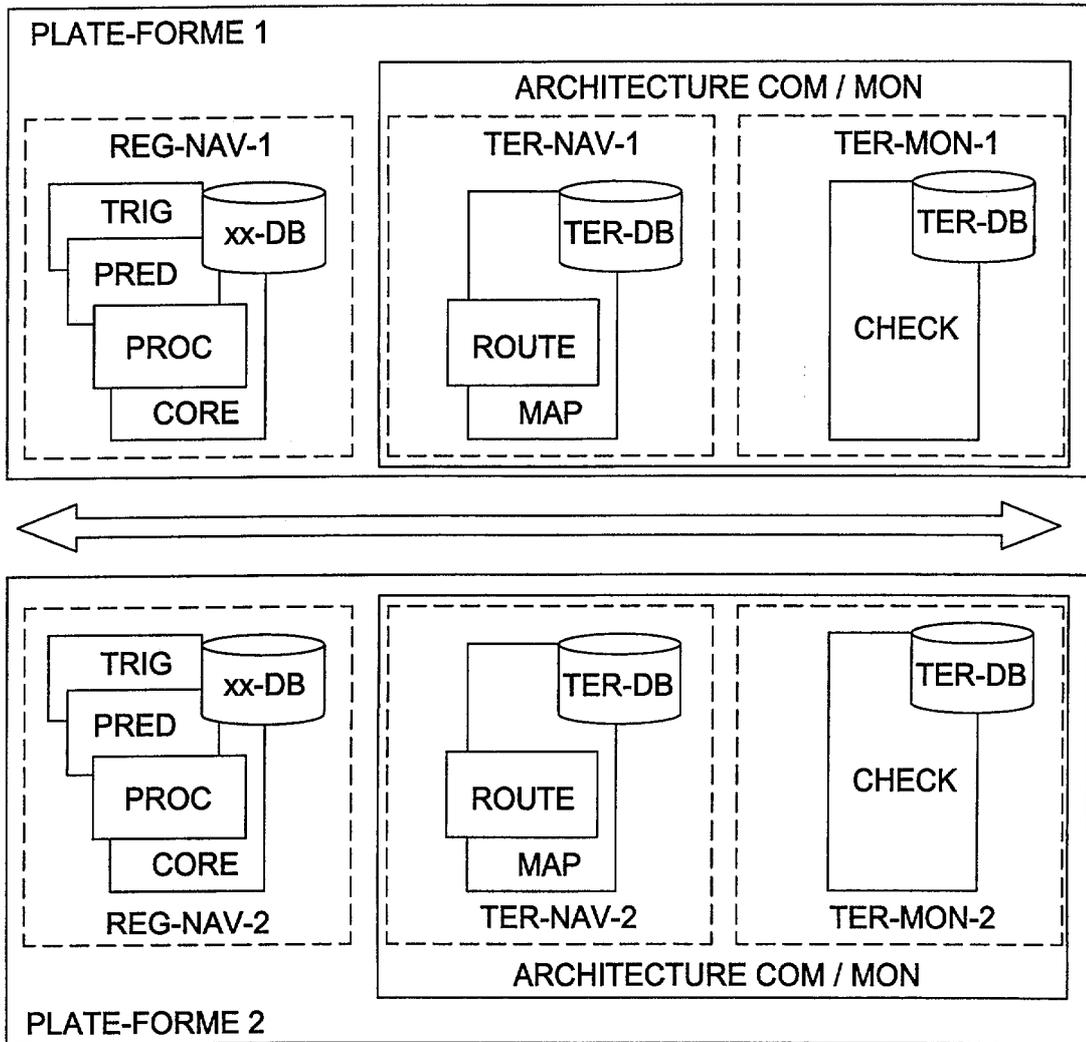


FIG.3

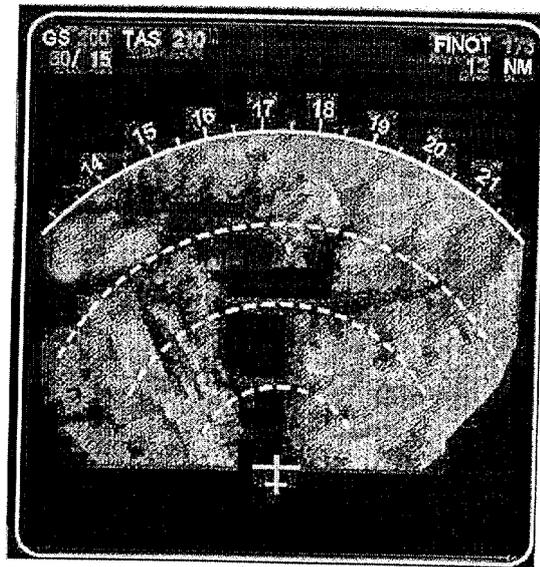


FIG.4A

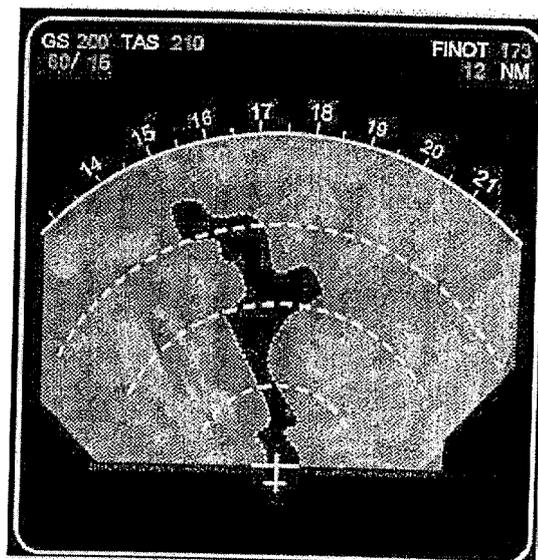


FIG.4B

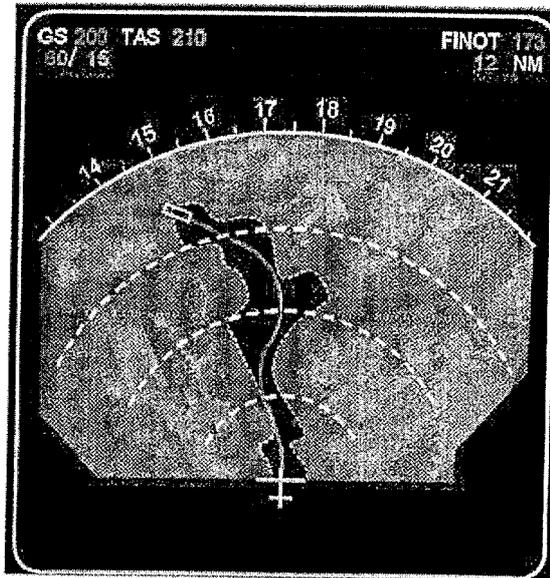


FIG.4C

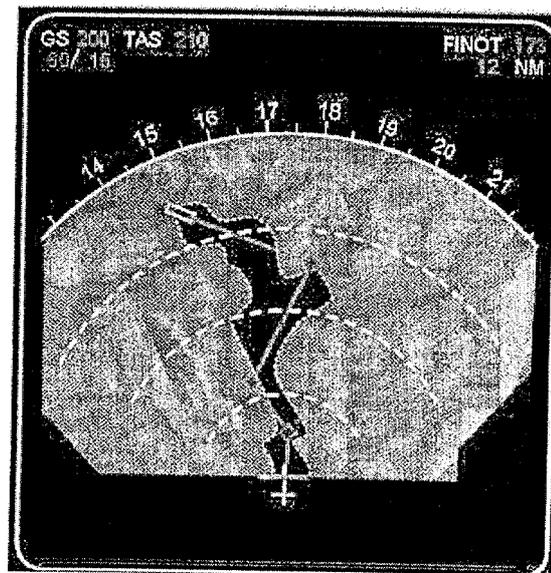


FIG.4D

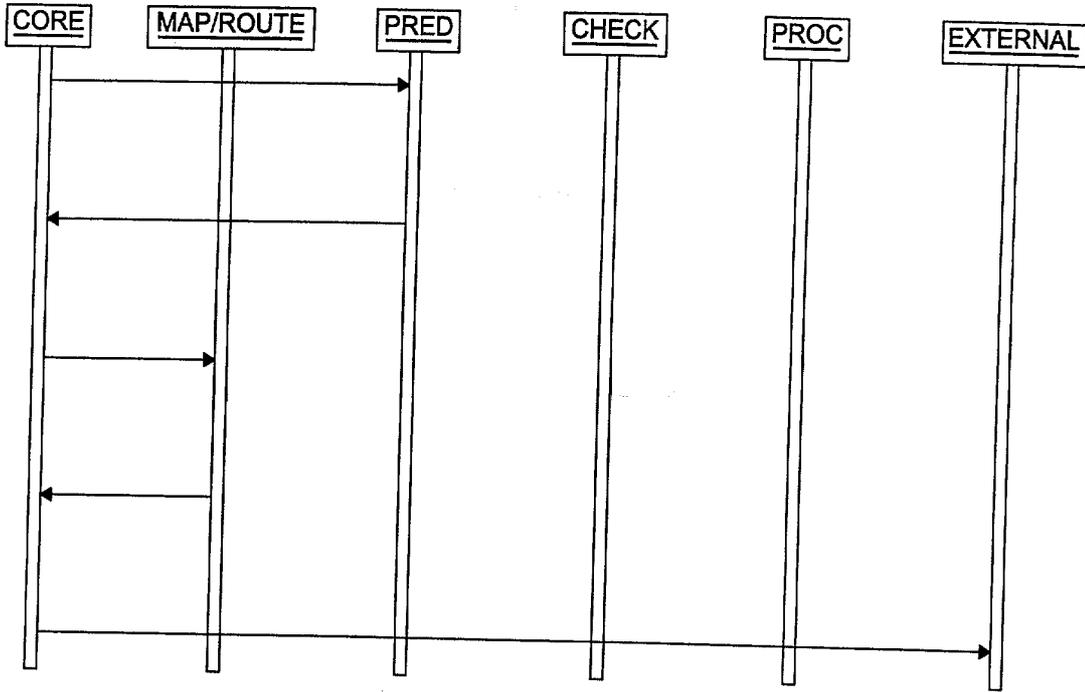


FIG.5

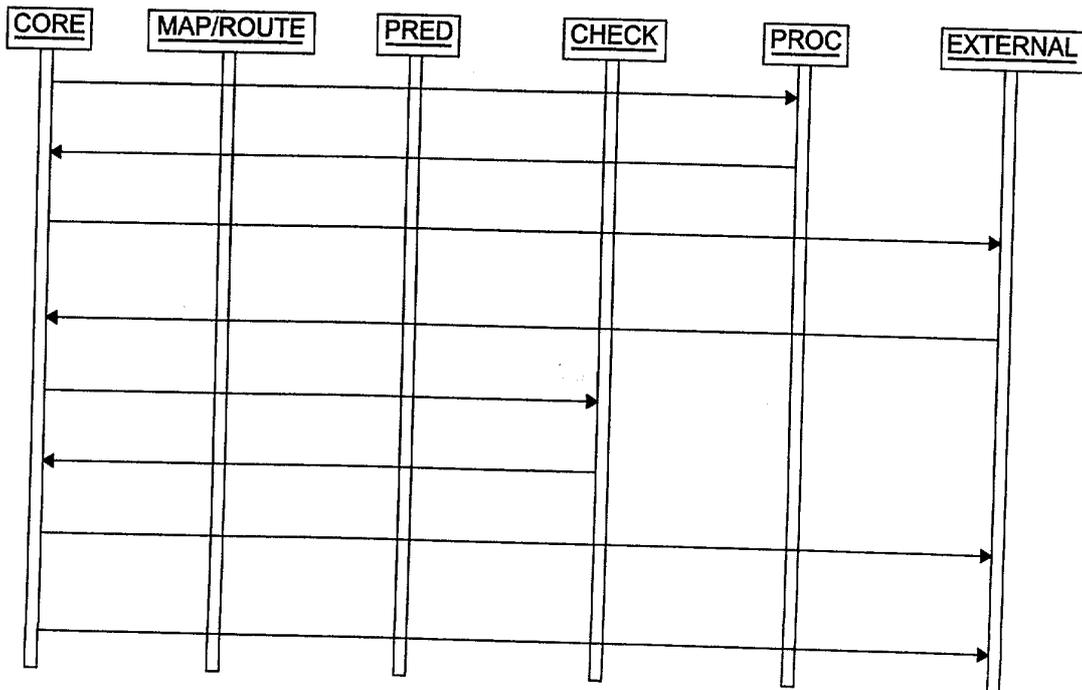


FIG.6

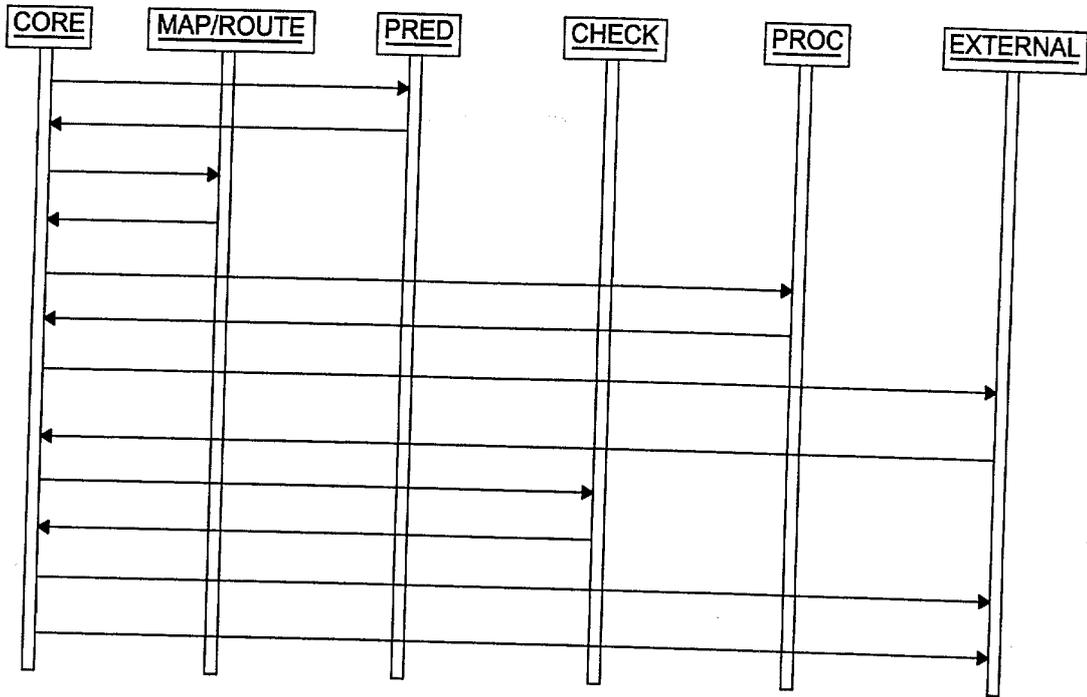


FIG.7

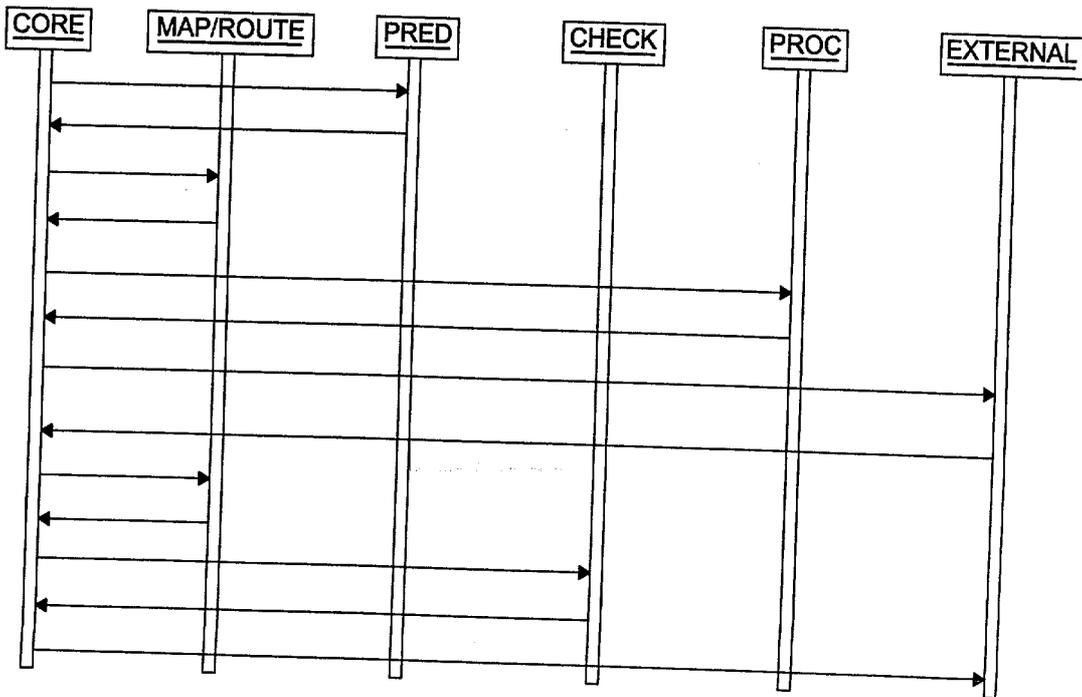


FIG.8

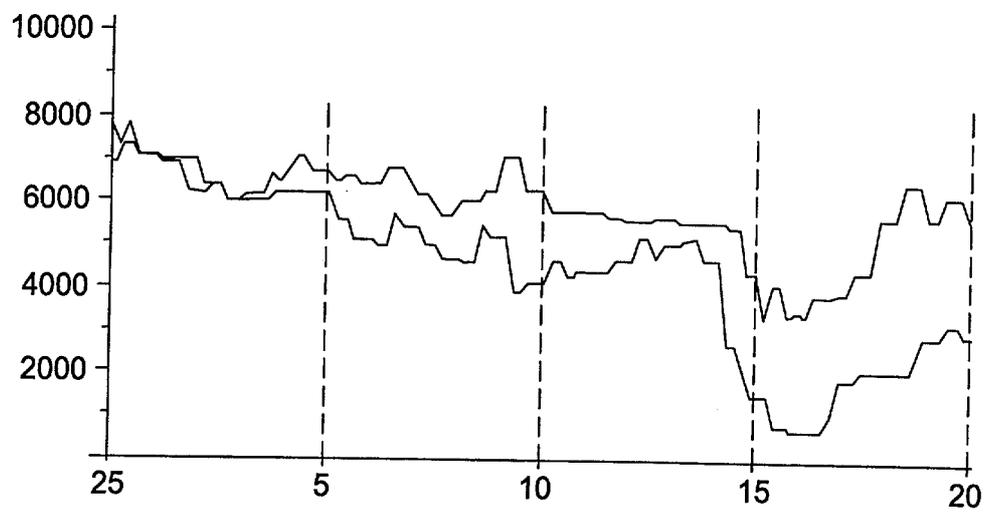


FIG.9

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 684089  
FR 0608870

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X,D	EP 0 826 946 A1 (SEXTANT AVIONIQUE [FR] THALES AVIONICS SA [FR]) 4 mars 1998 (1998-03-04)	1,2,5,7, 8	G08G5/04 G01S13/94 G06F19/00 B64D45/00
Y	* colonne 4, ligne 51 - colonne 5, ligne 26 * * colonne 5, ligne 38-44 * * colonne 6, ligne 17 - colonne 7, ligne 40 *	4	
Y,D	----- FR 2 860 292 A1 (THALES [FR]) 1 avril 2005 (2005-04-01) * abrégé * -----	4	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G08G G01C
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		3 mai 2007	Bourdier, Renaud
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 0608870 FA 684089**

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 **03-05-2007**

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0826946	A1	04-03-1998	DE 69727430 D1	11-03-2004
			DE 69727430 T2	16-12-2004
			FR 2752934 A1	06-03-1998
			US 6181987 B1	30-01-2001
-----				
FR 2860292	A1	01-04-2005	EP 1664677 A1	07-06-2006
			WO 2005031262 A1	07-04-2005
			US 2007031007 A1	08-02-2007
-----				