

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
5 février 2009 (05.02.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/016135 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G08G 5/06 (2006.01) **G01C 23/00** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2008/059836

(22) Date de dépôt international : 25 juillet 2008 (25.07.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
07 05521 27 juillet 2007 (27.07.2007) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
THALES [FR/FR]; 45 rue de Villiers, F-92200 Neuilly
Sur Seine (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **MICHEL,
François** [FR/FR]; 4 allée des Préludes, F-33160 Saint
Medard en Jalles (FR). **DUBOURG, Bernard** [FR/FR]; 3
rue de la Liberté, F-33185 Le Haillan (FR).

(74) Mandataires : **ESSELIN, Sophie** etc.; Marks & Clerk
France, Conseils en Propriété Industrielle, Immeuble "Vi-
sium", 22, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex
(FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,
IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,
MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,
RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR GENERATING A CONNECTIVITY GRAPH OF THE ELEMENTS OF AN AIRPORT FOR TAXI-
ING ASSISTANCE AND RELATED DEVICES

(54) Titre : PROCEDES DE GENERATION D'UN GRAPHE DE CONNECTIVITE D'ELEMENTS D'UN AEROPORT POUR
L'AIDE AU ROULAGE ET DISPOSITIFS ASSOCIES

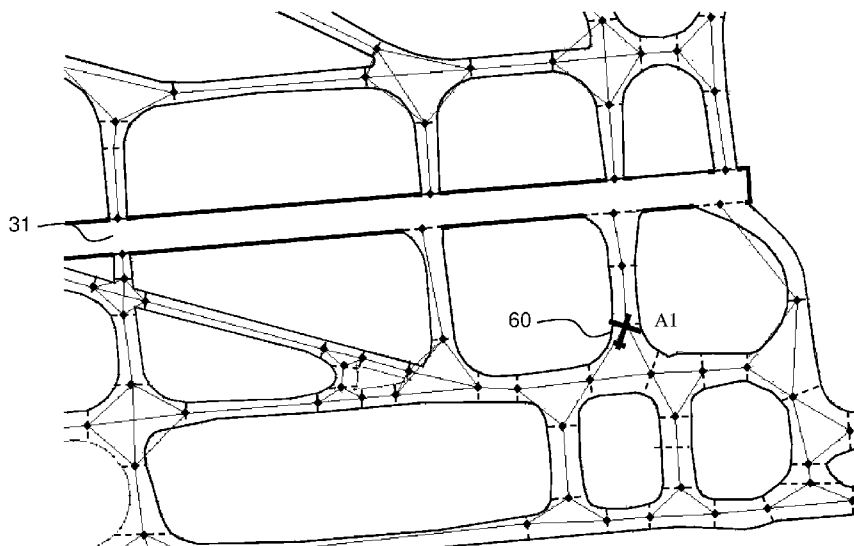


FIG.6

(57) Abstract: The invention relates to a method for generating a connectivity graph of the elements of an airport, that uses data describing polygons, each polygon being referenced in a database of the aircraft, the data including at least a denomination, a type, a set of segments and a set of points, and the polygons representing elements of the airport, characterised in that the method comprises generating for each pair of polygons having a common border at least one point or node located on said border, the segment connecting two successive nodes defining an axis with the North.

[Suite sur la page suivante]

WO 2009/016135 A1



ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL,
NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(57) Abrégé : Le Procédé de génération d'un graphe de connectivité d'éléments d'un aéroport exploitant : - des données décrivant des polygones, chaque polygone étant référencé dans une base de données de l'aéronef, les données comprenant au moins une dénomination, un type, un ensemble de segments et un ensemble de points, les polygones représentant des éléments d'un aéroport; est caractérisé en ce que le procédé génère pour tout couple de polygones ayant une frontière commune, au moins un point, appelé nœud, situé sur la frontière, le segment reliant deux nœuds consécutifs formant un axe avec le nord.

**PROCEDES DE GENERATION D'UN GRAPHE DE CONNECTIVITE
D'ELEMENTS D'UN AEROPORT POUR L'AIDE AU ROULAGE ET
DISPOSITIFS ASSOCIES**

Le domaine de l'invention est celui de l'aide au roulage d'un aéronef sur un aéroport, assurée notamment par une représentation de la trajectoire à suivre par l'aéronef sur l'aéroport et à l'affichage d'informations relatives au guidage et à la navigation de l'aéronef.

Actuellement, dans le cadre des phases aéroportuaires, la répartition des responsabilités bord/contrôle au sol, les procédures opérationnelles, la densité du trafic et le nombre important d'acteurs sur la plate-forme aéroportuaire ne permettent pas à un aéronef de disposer d'équipements ayant la capacité à synthétiser l'ensemble des informations pour se déplacer de manière optimale.

Une solution consiste à utiliser les systèmes existants installés à bord de l'aéronef tels que le système de gestion de vol ou FMS acronyme de l'expression anglo-saxonne Flight Management System, le système de surveillance intégré ou ISS acronyme de l'expression anglo-saxonne Integrated Surveillance System et de les enrichir de fonctions d'assistance au roulage.

Un système de gestion de vol comprend de manière classique un ou plusieurs microprocesseurs reliés à une mémoire de travail, une mémoire de programmes, une mémoire de stockage de données et à une interface d'entrée-sortie, ces programmes visant à assurer différentes fonctions. Mais les fonctions accessibles via un FMS sont insuffisantes pour atteindre les objectifs de la fonction d'aide au roulage :

- La localisation proposée par un système FMS est de l'ordre de 100 m alors que la partie sol nécessite des moyens de positionnement de l'ordre de 10 m pour les fonctions d'affichage, de l'ordre de 1 m pour les fonctions de d'alerte et d'assistance au guidage et inférieur à 1 m pour les fonctions de guidage automatique.

- La construction du « plan de roulage » est fortement imposée par l'autorité de contrôle au sol ou « ATC » acronyme de l'expression anglo-saxonne Air Traffic Control et est souvent incrémentale et partielle en

fonction des différentes zones de contrôle réparties sur l'aéroport. Par exemple, sur des aéroports internationaux de grande envergure, comme Paris Charles De Gaulle, un contrôleur est en charge de la zone des pistes, un second des voies de circulation (« taxiway en anglais ») et un troisième des zones d'embarquement des passagers. Le cheminement est alors dicté au pilote au fur et à mesure de son avancée. Il s'arrête aux limites de chaque zone de contrôle et ne peut pas couvrir l'intégralité du déplacement, de la piste à la porte d'embarquement (ou le trajet inverse). Ces problèmes entraînent de nombreux échanges en phonie entre le contrôleur et le pilote pendant la phase de roulage qui peut être relativement longue sur de gros aéroports. De fait, les outils et méthodes disponibles dans un FMS ne sont pas adéquats car ils sont prévus pour décrire l'intégralité d'un vol, du décollage à l'atterrissage afin d'effectuer tous les calculs nécessaires aux prédictions de consommation et aux consignes de guidage. Par ailleurs, les descriptions des procédures au sol ne sont pas standardisées, contrairement aux procédures en vol qui sont disponibles à bord des FMS au travers d'une base de données issue de données publiées par les organismes de contrôle étatiques.

- La base de donnée PERF des performances de l'aéronef n'est pas adaptée au modèle de roulage.

- Le module de calcul de trajectoire latérale tient compte des performances de l'aéronef alors que le roulage au sol doit tenir compte de la topologie de l'aéroport.

- Les prédictions ont pour objectif de construire un profil vertical optimisé sur la trajectoire latérale. Au sol, seule la vitesse horizontale peut être ajustée.

- Le guidage au sol a pour objectif de présenter les consignes à appliquer manuellement (sauf les consignes d'urgence).

De même, les fonctions accessibles via l'ISS sont insuffisantes pour atteindre les objectifs de la fonction d'aide au roulage :

- la surveillance au sol n'est pas prise en compte,
- la consolidation n'est pas traitée entre les situations trafic et terrain,
- les fonctions d'anticipation se basent sur des trajectoires élaborées à partir des données du FMS en 3D ou 3D+temps.

Par ailleurs, certains systèmes de cartographie aéroportuaire, comme ceux présents dans les EFB acronyme de Electronic Flight Bag (qui sont des applications utilisées par les pilotes sur des ordinateurs portables pour préparer leurs vols et qui ne font pas partie de l'avionique de bord) ou des produits spécifiques comme l'OANS, acronyme de On-Board Airport Navigation System permettent :

- d'afficher la carte de l'aéroport montrant la position de l'aéronef et sa situation par rapport à la topologie de l'aéroport et aux structures environnantes,
- d'obtenir des informations sur "airport items" par le biais de l'interface utilisateur,
- d'obtenir des annotations, des conseils (e.g. "Approaching Runway").

Mais ces fonctions n'assurent qu'une surveillance limitée, parce ce que s'appuyant exclusivement sur des bases de données décrivant la géométrie de l'aéroport, dont la fréquence de mise à jour n'est liée qu'aux évolutions des infrastructures et non aux règles d'utilisation dictées (et modifiées périodiquement) par les autorités de contrôle locales ; en particulier, elles sont insuffisantes notamment pour :

- afficher une carte présentant les informations les plus variables de l'aéroport, comme par exemple les sens interdits en fonction du sens d'atterrissage choisi par le contrôle en fonction de la force et de la direction du vent local,
- traiter ces mêmes informations dynamiques pour assister l'équipage dans la visualisation ou la sélection des éléments de cheminement imposés par le contrôle au sol,
- assurer une fonction de routage proposant à l'équipage une automatisation des actions permettant d'enchaîner les éléments de cheminement désignés et de calculer divers paramètres pertinents, comme une estimation du carburant consommé par exemple ou des indications de directions aux divers embranchements rencontrés et présenter le cheminement élaboré en complément de la cartographie des infrastructures.

5 Finalement certaines fonctions, comme le « RAAS »
acronyme de l'expression anglo-saxonne Runway Awareness and Advisory
System d'Honeywell, disponible au travers du produit EGPWS ont comme
rôle d'avertir l'équipage lors de l'approche d'une piste. Elles se basent sur les
10 uniques informations des pistes, indépendamment des connections possibles
aux taxiways ou de leur activité réelle. De plus, la ségrégation des
équipements utilisés lors des phases de roulage, empêche ces messages
d'être corrélés avec des informations de cheminement élaborées au travers
d'un moyen de routage ou à une base de données plus riche disposant de
15 l'ensemble des informations sur la surface aéroportuaire.

 Le but de l'invention est permettre d'assurer une aide au roulage
efficace en disposant d'une connectivité des différents éléments d'un
aéroport. Ces éléments provenant généralement d'une base de données
15 aéroportuaires et embarquée dans l'aéronef. La connectivité des éléments
est avantageusement réalisée au moyen de la construction géométrique de
nœuds de navigation et de guidage de l'aéroport. Ces derniers peuvent être
représentés sur une carte ainsi que la trajectoire à suivre d'un aéronef
lorsque la consigne de cheminement du contrôle aérien est connue de
20 l'équipage. La connectivité des éléments permet alors d'anticiper un certain
nombre d'actions des pilotes sur les phases de roulages. Dans ce contexte,
l'invention propose en fonction de la position de l'aéronef dans l'aéroport
d'afficher des informations de guidage et de navigation de manière anticipée.

25 Avantageusement, le procédé selon l'invention reprend les
principales caractéristiques des revendications.

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

- la figure 1 : des nœuds de navigation et des arcs de navigations ;
- la figure 2 : la définition d'un nœud de navigation sur une frontière de deux éléments de roulage ;

- la figure 3 : une carte d'un aéroport comprenant des nœuds et des arcs de navigation;
- la figure 4A : des éléments de roulage non pertinents pour l'équipage parmi d'autre éléments de roulage ;
- 5 • la figure 4B : la suppression de certains éléments de roulage dans le graphe de navigation ;
- la figure 5 : des indications de navigation pris en compte par le graphe de navigation ;
- la figure 6 : la carte d'un aéroport avec la représentation de l'aéronef ;
- 10 • la figure 7 : des nœuds de guidage et des arcs de guidage ;
- la figure 8 : un cas d'un élément de roulage traversé par deux lignes de roulage ;
- cas d'un virage et des éléments de roulage associés dans l'élaboration de la trajectoire à suivre pour un aéronef.
- 15

La figure 1 représente des éléments d'un aéroport formés de polygones 1, 2 et 3. Ces éléments sont appelés « éléments de roulage » dans la suite de la description. Chacun des polygones est décrit dans la base de données aéroportuaires par des segments et des points géoréférencés par rapport à une origine connue de l'aéroport.

20

Ces éléments de roulage peuvent être de différents types, par exemple, des « taxiways », des « parking », « runways » ou encore des « service road element » selon la terminologie anglo-saxonne utilisée en aéronautique. Ces éléments de roulage décrivent généralement des zones de stationnement, des zones de roulage, des intersections de zone de roulage, des parties d'une piste ou encore des zones destinées à l'entrée et la sortie de véhicules de services.

25

Aujourd'hui aucune base de données ou fonction ne lie les différents éléments de roulage entre eux. Les éléments de roulage sont représentés « à plat » de manière à pouvoir construire des cartes fidèles à la réalité de la topologie de l'aéroport.

30

Le procédé selon l'invention propose de créer un graphe de connectivité appelé graphe de navigation par la suite entre les différents éléments de roulage. Les données décrivant la connectivité des éléments de

35

roulage de l'aéroport sont alors stockées dans une base de données de l'aéronef. Cette base de données est généralement mise à jour dans l'aéronef dans des phases de maintenance au sol ou avant de partir pour un nouveau décollage. Afin de décrire la connectivité des différents éléments de
5 roulage, le procédé selon l'invention propose de définir des nœuds de navigation.

Les nœuds de navigation sont construits géométriquement sur chaque frontière séparant deux éléments de roulage. Dans un cas de réalisation décrit dans la présente description, la position du nœud de
10 navigation sur la frontière peut être par exemple située au milieu de la frontière, celle-ci pouvant comprendre un ou plusieurs segments.

Dans le dessin de la figure 1, les nœuds de navigation 9', 6, 7 et 9 joignant les éléments de roulage 2, 1, et 3 sont respectivement positionnés au milieu des frontières 8', 5, 4 et 8. Les nœuds de navigation sont reliés par
15 des segments 12, 13 et 14 qui chacun forme un cap de navigation avec le Nord N selon le sens vers lequel se dirige l'aéronef.

L'aéronef dans cet exemple peut circuler de l'élément de roulage 2 à l'élément de roulage 3 en passant par l'élément de roulage 1 selon un sens 11 ou peut circuler inversement de l'élément de roulage 3 à l'élément de
20 roulage 2 en passant par l'élément de roulage 1 selon le sens inverse 10.

Par la suite dans la description, on appelle « arc de navigation », le segment joignant deux nœuds de navigation successifs.

L'ensemble de nœuds de navigation définit un graphe de navigation.

25

La figure 2 illustre un exemple de frontière entre deux éléments de roulage 20 et 21 représentant chacune des zones de l'aéroport. La frontière comprend cinq segments dont les positions des extrémités A, B, C, D, E et F sont définis dans la base de données aéroportuaire de l'aéronef. Le procédé
30 selon l'invention permet de définir le milieu M de la frontière à équidistance des points A et F. Le nœud M est joint au nœud aval et au nœud amont par les segments 22 et 23.

La figure 3 illustre un plan 30 d'un aéroport comprenant une piste
35 31 et des éléments de roulage tels que des voies d'approche ou de sortie sur

la piste 31 et des éléments de jonction de plusieurs voies. Les nœuds de navigation sont situés au milieu de chaque frontière de chaque élément. Les segments joignant les différents nœuds y sont représentés tels que les nœuds 33 et 34 dont la connexion est représentée par un segment 32.

5 A chacun des nœuds est associé deux sens de passage, un sens de passage est constitué de trois informations :

- Un élément de départ (un des deux éléments de roulage connectés) ;
- Un élément d'arrivée (l'autre élément connecté) ;
- 10 • Un cap de navigation qui définit la direction prise pour un sens de passage de l'aéronef. Formellement, ce cap de navigation est l'angle formé entre un arc de navigation et le Nord (dans le sens trigonométrique).

15 Dans l'exemple de la figure 1, le cap de navigation formé par l'arc de navigation reliant le nœud 7 au nœud 9 pour passer de l'élément de roulage 1 à l'élément de roulage 3 est de 270° avec le Nord. Le sens inverse, du nœud 9 au nœud 7 est le cap 70° .

 Le procédé selon l'invention permet de s'affranchir dans le graphe
20 de navigation de certain type d'éléments d'un aéroport non nécessaires à l'équipage. Par exemple les éléments appelés « service road element » dont la terminologie anglo-saxonne signifie « éléments de route de service », ne sont pas nécessaires à l'aide à la navigation de l'aéronef, ces éléments étant destinés aux véhicules de services. A aucun moment ces éléments ne sont
25 cités dans une consigne de roulage par le contrôle aérien pour indiquer une route à l'équipage. Ainsi, le procédé selon l'invention permet de définir une connectivité entre des éléments de roulage, ceux-ci étant cohérents avec une consigne provenant du contrôle aérien.

 Pour cela le procédé selon l'invention, dans un premier temps,
30 permet de repérer les points et les segments relatifs à un élément géométrique d'un type spécifique tel que celui définit précédemment, de forme polygonale. Dans un second temps, le procédé selon l'invention permet de fusionner les deux frontières de part et d'autre de l'élément de roulage amont et aval.

La figure 4A représente une partie d'un aéroport comprenant différents éléments de roulage 45, 42, 44, 41, 48, 46, 43 et 47 de types différents. Parmi ces éléments, certains sont destinés aux véhicules de service, notamment les éléments 42, 41 et 43. Ils ne sont donc pas
5 nécessaires à l'assistance à la navigation de l'aéronef. Le procédé permet de fusionner chacune des frontières des éléments 42, 41 et 43 en une seule frontière séparant les éléments 45 et 44 d'une part et les éléments 44 et 48 d'autre part et enfin les éléments 47 et 48.

Le procédé selon l'invention permet donc de considérer le type
10 d'un élément et sa description géométrique.

La figure 4B représente, après la fusion des frontières des éléments non nécessaire à l'équipage, la carte de l'aéroport régénérée.

Les nouvelles frontières 43', 41' et 42' sont des frontières séparant des éléments de roulage sur lesquelles des nœuds de navigation sont
15 automatiquement générés.

Le procédé selon l'invention permet de définir une notion d'arc de navigation entre différents nœuds. Les arcs de navigation n'ont pas de représentations géométriques mais permettent d'une part de lier les nœuds
20 entre eux dans la base de données et d'autre part de définir un cap moyen entre deux nœuds, noté cap de navigation.

Dans une phase de roulage, la construction du graphe de navigation constitue une première étape du procédé selon l'invention pour
25 exploiter dans une deuxième étape, notamment, une ou plusieurs consigne(s) de cheminement provenant du contrôle aérien.

Une consigne envoyée par le contrôle aérien à l'équipage peut être par exemple : TAXI TO « STAND 8 » VIA « A-T50-T20-N4 ». Cette dernière consigne se traduit par « se diriger au parking nommé « STAND 8 »
30 en empruntant la route passant par les différents éléments dont les noms sont les suivants : A, T50, T20, N4.

La saisie manuelle de la consigne par l'équipage dans une interface utilisateur du cockpit ou l'acquisition automatique de la consigne par un calculateur de bord permet de lier les éléments de roulage de la consigne
35 par connaissance des connexions du graphe de navigation de l'aéroport.

Chaque graphe de navigation est préalablement créé avant la saisie d'une consigne. Les nœuds de navigation sont situés sur chacune des frontières, les éléments non nécessaires à la navigation ayant été supprimé de la carte par le procédé.

- 5 Suite à la réception de cette consigne, l'aéronef devra passer par les nœuds correspondants à chaque frontière des éléments cités dans la consigne. En respectant l'ordre des éléments de la consigne, on peut noter par exemple N1, N2, N3, N4 et N5, les différents nœuds des éléments cités dans la consigne par lesquels l'aéronef doit successivement passer. Dans la
- 10 base de données le nœud N1 est connecté au nœud N2, qui est lui même connecté au nœuds N3, qui est lui même connecté au nœuds N4, qui est lui même connecté au nœuds N5.

Le graphe de navigation permet de générer les informations

15 semblables à celle que l'on trouve sur les panneaux indicateurs d'un aéroport.

La figure 5 illustre le type d'informations de navigation 53 et 54 informant de la dénomination de certaines voies et de certaines directions associées aux voies, ces dernières sont représentées par le symbole d'une

20 flèche. Les éléments de roulage 50, 51 et 52 sont représentés.

Par ailleurs, le procédé utilise des moyens existants permettant de fournir des informations de positionnement utiles sur la situation de l'aéronef. Ces informations sont générées généralement par les calculateurs de bord à

25 partir d'informations reçues par des signaux extérieurs ou fournies par des capteurs intégrés. Elles incluent entre autres des informations de positions et de cap réel suivi par l'aéronef. Chaque fois que l'aéronef passe à proximité d'un nœud de navigation, le procédé permet par analyse de la position de l'aéronef et du point de navigation les plus proches, de fournir et d'afficher

30 sur des moyens de visualisation des informations de navigation. Ces informations de navigation sont par exemple la voie de circulation sur laquelle l'avion se dirige ou des informations de sécurité.

Les nœuds étant connectés, il est possible d'afficher des informations de navigation par anticipation sur les prochains éléments de

35 roulage telle que les autres voies de circulation à proximité en comparant le cap réel de l'aéronef avec le cap de navigation des arcs de navigation. Le

procédé permet de comparer le cap réel de l'aéronef au passage du nœud de navigation et du prochain nœud à atteindre, donc du cap de navigation.

Le procédé selon l'invention permet par exemple de générer une indication particulière si l'aéronef s'engage sur une voie menant à une piste, le seul chemin possible dans le graphe de navigation menant à une piste.

Exploitant les informations sur la connectivité des voies de circulation de l'aéroport, le procédé selon l'invention permet une plus grande anticipation par rapport aux informations relatives à la proximité d'une piste.

Par exemple, dans la figure 6, dès le passage sur le nœud de navigation A1, le procédé permettra de signaler au pilote de l'aéronef 60 que cette voie le mène à une piste 31.

Le procédé selon l'invention permet également d'établir un second graphe de connectivité. La connectivité se faisant par rapport à des éléments de guidage, ce dernier graphe est appelé par la suite graphe de guidage.

Cette étape permet également comme pour le graphe de navigation d'exploiter dans une seconde étape une consigne de cheminement pour l'aide à la navigation dans l'aéroport.

Les éléments de guidage sont alors des points d'une ligne de roulage. Les lignes de roulage sont tracées généralement sur les éléments de roulage d'un aéroport et sont souvent représentées par une marque jaune. Ces lignes sont généralement définies dans la base de données aéroportuaire par certains points de la ligne de roulage géoréférencés. Ces lignes peuvent éventuellement être discontinues selon le type des éléments de roulage.

Le graphe de guidage est constitué :

- d'un ensemble de nœuds de guidage ;
- d'un ensemble d'arcs de guidage, un arc de guidage reliant deux nœuds de guidage successifs.

Un nœud de guidage correspond à une intersection entre une ligne de roulage et la frontière entre deux éléments de roulage.

La figure 7 représente des éléments 1, 2, 3 de roulage séparés par des frontières 4 et 5. Les coordonnées de certains points d'une ligne de roulage 74 sont définis dans la base de données aéroportuaire. En revanche aujourd'hui aucune connectivité n'est réalisée afin de lier une ligne de
5 roulage aux éléments de roulage d'un aéroport.

Le procédé selon l'invention permet de définir des nœuds de guidage 75, 76, 77, 78. Les points d'une ligne de roulage amonts et aval d'une frontière séparant deux éléments de roulage forme un segment qui intercepte une frontière (8', 5, 4, 8) en un point, ce point est un nœud de
10 guidage

Comme pour le graphe de navigation, à chaque nœud, est associé deux sens de passage, par exemple le nœud 76 possède deux sens de passage 79, 79' représentés sur la figure 7. Un sens de passage est
15 constitué de trois informations :

- Un élément de départ (un des deux éléments de roulage)
- Un élément d'arrivée (l'autre élément connecté)
- Un cap de guidage qui définit la direction prise pour ce sens de passage.

20

Formellement, ce cap de guidage est l'angle formé entre le segment reliant les deux points amont et aval d'une intersection d'une ligne de roulage avec une frontière de deux éléments de roulage et le nord.

25 La figure 8 représente un élément de roulage 86 sur laquelle sont tracées deux lignes de roulage 85, 85' qui interceptent les frontières 87 et 88 en quatre nœuds de guidage 80, 80', 84, 84'.

Les lignes de roulage sont repérées dans la base de données aéroportuaire par un premier ensemble de points 81, 82, 83 concernant la
30 première ligne de roulage 85 et un second ensemble de points 81', 82', 83' pour la seconde ligne de roulage 85'.

Les lignes de guidage supportant les arcs de guidages doivent remplir les deux critères suivants :

- La courbe formée par un ensemble de segments consécutifs d'une
35 ligne de guidage doit avoir un rayon de courbure compatible des

performances de l'aéronef, les segments étant déterminés entre chaque couple de points successifs et entre chaque point et chaque nœud se succédant de la ligne de guidage;

- Elles sont optimales : s'il existe plusieurs lignes de guidage répondant au premier critère reliant deux nœuds, alors le procédé selon l'invention sélectionne l'arc le plus court en distance.

Le premier critère peut s'exprimer par une contrainte sur le rayon de courbure minimal et maximal du tracé de la ligne de guidage empruntée par l'aéronef.

Dans un cas d'exemple, on peut considérer que deux segments consécutifs dans une ligne de guidage doivent avoir un angle compris entre $2\pi/3$ et $4\pi/3$.

La figure 9 représente le cas d'un élément 94 de roulage situé à l'intersection de quatre autres éléments de roulage 90, 91, 92, 93. Des lignes de roulage 95, 96, 97, 98, 99, 100 sont tracées au sol, chacune des routes comprenant des points 900, 902, 903, 905, 910, 911, 913, 921, 931, 932, 933, 941, 935 définis dans la base de données aéroportuaires.

Les intersections entre les lignes de roulage et des frontières 950, 951, 952, 953 entre les différents éléments de roulage définissent, comme définit précédemment, des nœuds de guidage 901, 904, 922, 930, 912, 920, 940, 934.

Lorsqu'un aéronef arrive au point 900 de l'élément de roulage 90 et qu'il souhaite se rendre au point 913 de l'élément de roulage 93, le procédé selon l'invention permet d'afficher un chemin reliant successivement le point 900, le nœud 901, les points 910 et 911, le nœud 912 et le point 913. Ce chemin répond à la condition définie précédemment énonçant que l'angle formé entre deux arcs successifs de la ligne de roulage affichée est compris entre $2\pi/3$ et $4\pi/3$. Par ailleurs, si plusieurs ligne de roulage répondent à cette condition, le deuxième critère assure que la ligne de roulage affichée est la plus courte.

Dans l'exemple de la figure 9, parmi les trois routes tracées et possible pour réaliser la consigne, une seule permet de remplir les deux

conditions définies précédemment. La première route rejoint les points et nœuds 900, 901, 910, 911, 912, 913, la seconde route rejoint les points et nœuds 900, 901, 910, 921, 920, 913 et la troisième route joignant les points et nœuds 900, 901, 910, 921, 933, 941, 940, 913.

5 La route remplissant la deuxième condition énoncée précédemment est la première route.

Ainsi le procédé selon l'invention permet, lorsque plusieurs lignes de roulages répondent à une consigne provenant du contrôle aérien, de sélectionner une ligne de roulage dont les caractéristiques sont optimales.

10

Dans ces conditions un dispositif d'affichage permet de tracer la trajectoire à suivre par l'aéronef lorsqu'une consigne est entrée dans une interface utilisateur. La corrélation du graphe de guidage et de la consigne de cheminement permet de sélectionner les arcs constituant la ligne de roulage et permet d'optimiser le trajet le plus cohérent à parcourir dans l'aéroport pour arriver à la destination de la consigne.

15 A la réception d'une consigne de roulage, le procédé identifie tous les éléments de roulage tel que les taxiways par exemple sur le parcours de l'aéronef. Le graphe de guidage permet de calculer et d'afficher, par le biais de moyens d'affichage, une trajectoire de guidage supportée par des lignes de guidages tout au long du parcours.

25 L'invention a pour principal avantage de générer un graphe de navigation et de guidage par le biais de nœud de navigation et de guidage et des arcs associés. Ces nœuds ont l'avantage d'être facilement exploitables au passage de l'aéronef à leur proximité sur l'aéroport pour indiquer des informations de navigation ou d'effectuer un tracé de la trajectoire à suivre sur un dispositif d'affichage.

REVENDICATIONS

1. Procédé de génération d'un graphe de connectivité d'éléments d'un aéroport exploitant :
 - 5 - des données décrivant des polygones, chaque polygone étant référencé dans une base de données de l'aéronef, les données comprenant au moins une dénomination, un type, un ensemble de segments et un ensemble de points, les polygones représentant des éléments d'un aéroport ;
 - 10 et générant :
 - pour tout couple de polygones ayant une frontière commune, au moins un point, appelé nœud, situé sur la frontière, le segment reliant deux nœuds consécutifs formant un axe avec le nord ;
 - 15 caractérisé en ce que le procédé comprend :
 - la définition d'un arc de navigation, pour chaque nœud de navigation, l'arc de navigation étant un segment reliant deux nœuds de navigation successifs ;
 - la détermination d'un cap, pour chaque nœud de navigation, - 20 appelé cap de navigation, définissant l'angle entre la direction du Nord et l'arc de navigation passant par le nœud de navigation et orienté selon le sens de passage de l'aéronef
 - l'exploitation de la position et le cap réel de l'aéronef fournis par le système de navigation du dit aéronef ;
 - 25 l'exploitation des consignes de cheminement provenant d'un dispositif de communication sol-bord, les consignes comportant au moins une destination et une route, la route comprenant une suite d'éléments du système de gestion de la base de données de navigation aéroportuaire et ;
 - 30 l'affichage d'informations aéroportuaires de navigation associées à un élément de roulage à partir d'un calculateur de bord et de moyens de visualisation, les informations de navigation étant générées à partir de la comparaison du cap réel de l'aéronef, du cap de navigation et d'une position d'un nœud de navigation d'un élément de la consigne à atteindre.
 - 35

- 5 1. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comprend la détermination d'une position d'un nœud sur une frontière, de telle manière que le nœud soit situé à équidistance de chaque extrémité de la frontière.
- 10 2. Procédé selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce qu'il comprend l'affichage d'une indication de proximité de piste, dans la mesure où l'aéronef se trouve sur le seul chemin possible menant à cette piste.
- 15 3. Procédé selon la revendication 1 exploitant :
- des données décrivant des points de lignes de roulage d'un aéroport, les données provenant d'un système de gestion de bases de données de l'aéronef ;
caractérisé en ce qu'il comprend la détermination d'au moins un nœud, appelé nœud de guidage, situé à l'intersection d'une frontière de deux éléments de roulage adjacents et d'une ligne de roulage.;
- 20 4. Procédé selon la revendication 4 caractérisé en ce qu'il comprend pour chaque nœud de guidage la définition d'au moins un arc de guidage, l'arc de guidage étant le plus court chemin pour rejoindre un prochain nœud de guidage situé sur une ligne de guidage.
- 25 5. Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce qu'il comprend pour chaque nœud de guidage la détermination d'un cap, appelé cap de guidage, définissant l'angle entre le Nord et le segment reliant les points aval et amont d'un nœud de guidage situés sur la ligne de roulage et orienté selon le sens de passage de l'aéronef.
- 30 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 6 exploitant :
- une consigne de cheminement provenant d'un dispositif de communication sol-bord, la consigne comportant au moins une destination et une route, la route comprenant une suite

d'éléments du système de gestion de la base de données de navigation aéroportuaire ;

5 caractérisé en ce qu'il comprend la détermination d'une trajectoire de guidage, à partir d'un calculateur de bord, en déterminant la suite des segments reliant des points d'une ligne de roulage et des nœuds de guidage situés sur des éléments de la consigne de cheminement.

10 7. Procédé selon les revendications 4 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend la détermination des trajectoires de guidage dont la valeur du rayon de courbure est compris entre une valeur minimale prédéfinie et une valeur maximale prédéfinie.

15 8. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend la détermination des trajectoires de guidage dont l'angle formé par deux segments de trois points consécutifs est compris entre $2\pi/3$ et $4\pi/3$.

20 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend la détermination de la trajectoire la plus courte satisfaisant une consigne de cheminement.

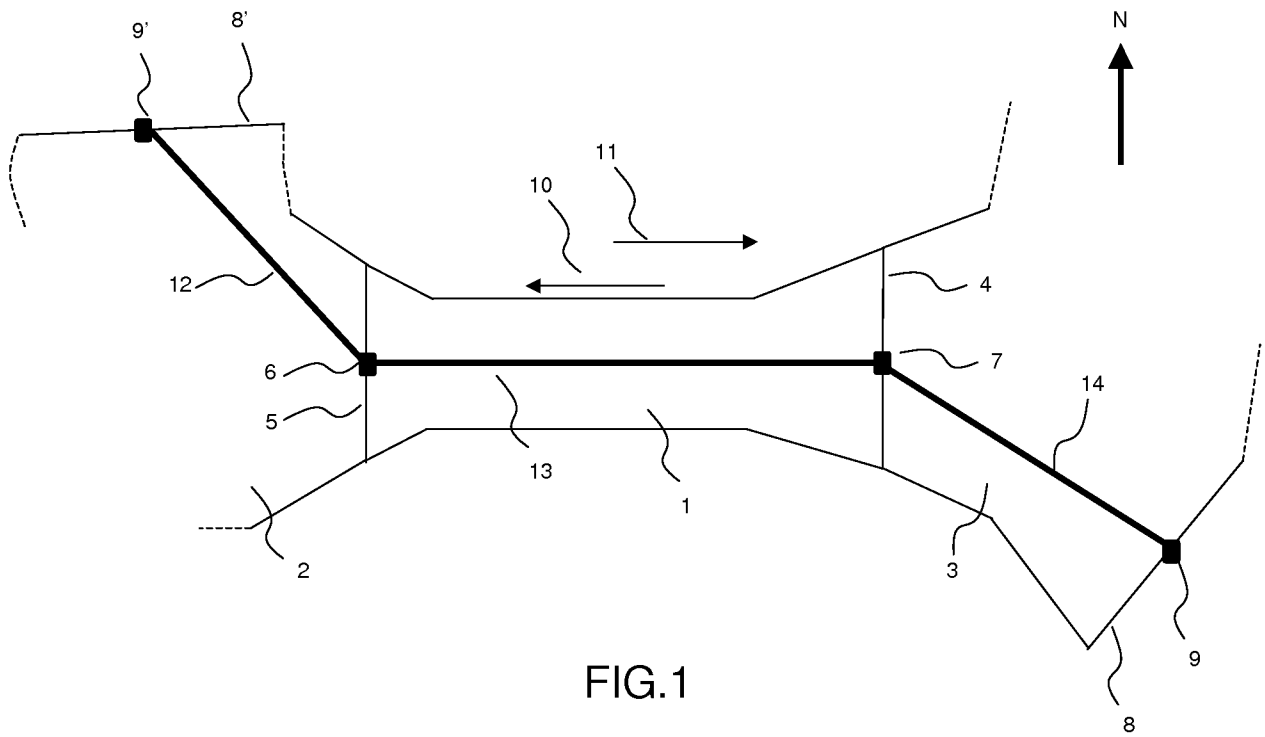
25 10. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend la génération du tracé de la trajectoire de guidage sur une carte d'un aéroport à partir d'un calculateur de bord et de moyens de visualisation.

30 11. Procédé selon les revendications 8 à 10, caractérisé en ce qu'il comprend la génération d'une indication de déviation de la trajectoire lorsque la position réelle de l'aéronef s'écarte de la trajectoire de guidage.

12. Dispositif de génération d'un graphe de connectivité d'éléments d'un aéroport pour aéronef destiné à l'aide au roulage aéroportuaire mettant en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, le dispositif comprenant :

- une interface utilisateur, l'utilisateur étant l'équipage, cette interface comprenant un dispositif d'affichage ;
 - un système de gestion de bases de données de navigation aéroportuaire comportant des informations de navigation et de guidage ;
 - un calculateur de bord ;
 - des moyens de géo-localisation ;
 - un dispositif de localisation relié aux moyens de géo-localisation ;
 - un dispositif de cartographie comprenant une carte d'un aéroport, celui-ci étant relié au dispositif de localisation, au système de gestion de bases de données et au dispositif d'affichage ;
 - un dispositif de communication sol-bord, apte à délivrer des consignes de cheminement, les consignes comportant au moins une destination et une route, la route comprenant une suite d'éléments du système de gestion de la base de données de navigation aéroportuaire ;
- le dispositif d'affichage comportant un tracé de la trajectoire à suivre de l'aéronef superposé à la carte de l'aéroport et la position courante de l'aéronef.
13. Dispositif selon la revendication 13 caractérisé en ce qu'il comprend des moyens manuels de saisie des consignes provenant du contrôle aérien.
14. Dispositif selon la revendication 13 caractérisé en ce qu'il comprend des moyens automatiques de saisie des consignes provenant du contrôle aérien.
15. Dispositif de génération d'un graphe de connectivité d'éléments d'un aéroport pour aéronef destiné à l'aide au roulage aéroportuaire mettant en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, le dispositif comprenant :
- une interface utilisateur, l'utilisateur étant l'équipage, cette interface comprenant un dispositif d'affichage ;

- un système de gestion de bases de données de navigation aéroportuaire comportant des informations de navigation et de guidage ;
- un calculateur de bord ;
- 5 - des moyens de géo-localisation ;
- un dispositif de localisation relié aux moyens de géo-localisation ;
- un dispositif de cartographie comprenant une carte d'un aéroport, celui-ci étant relié au dispositif de localisation, au système de gestion de bases de données et au dispositif d'affichage ;
- 10 - un dispositif de communication sol-bord, apte à délivrer des consignes de cheminement, les consignes comportant au moins une destination et une route, la route comprenant une suite d'éléments du système de gestion de la base de données de navigation aéroportuaire ;
- 15 le dispositif d'affichage comportant un tracé de la trajectoire à suivre de l'aéronef superposé à la carte de l'aéroport et la position courante de l'aéronef.
- 20 16. Dispositif selon la revendication 16 caractérisé en ce qu'il comprend des moyens manuels de saisie des consignes provenant du contrôle aérien.
- 25 17. Dispositif selon la revendication 16 caractérisé en ce qu'il comprend des moyens automatiques de saisie des consignes provenant du contrôle aérien.



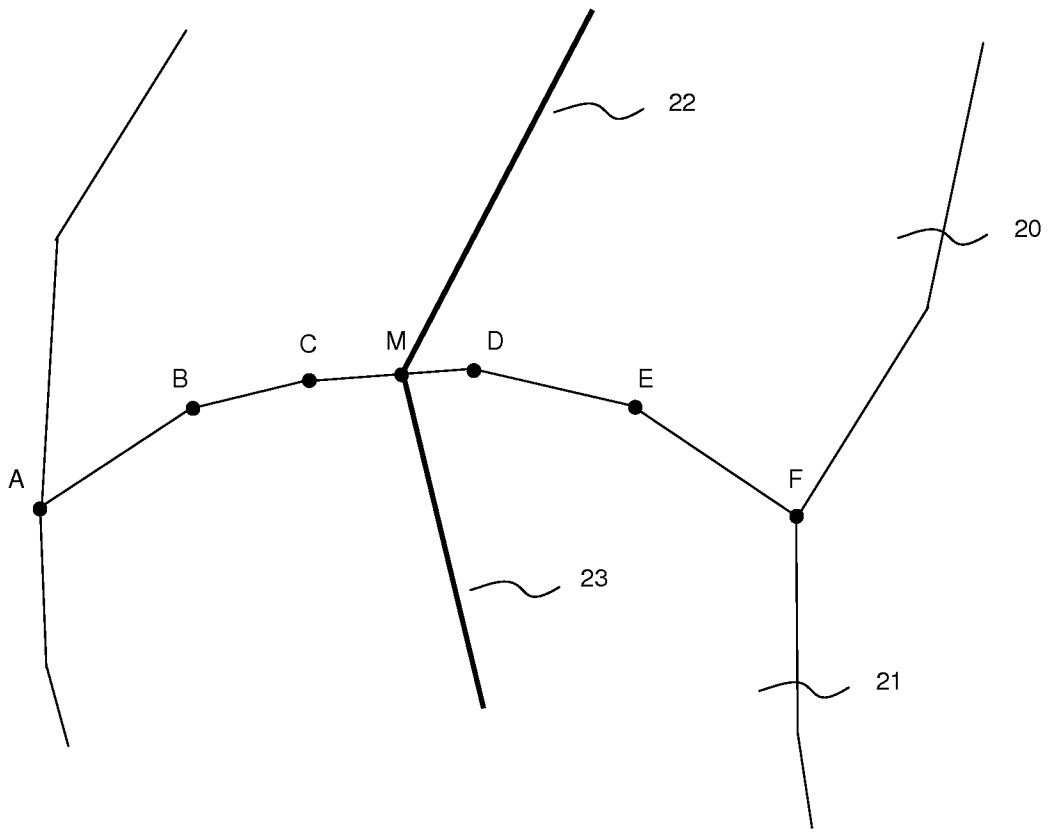


FIG.2

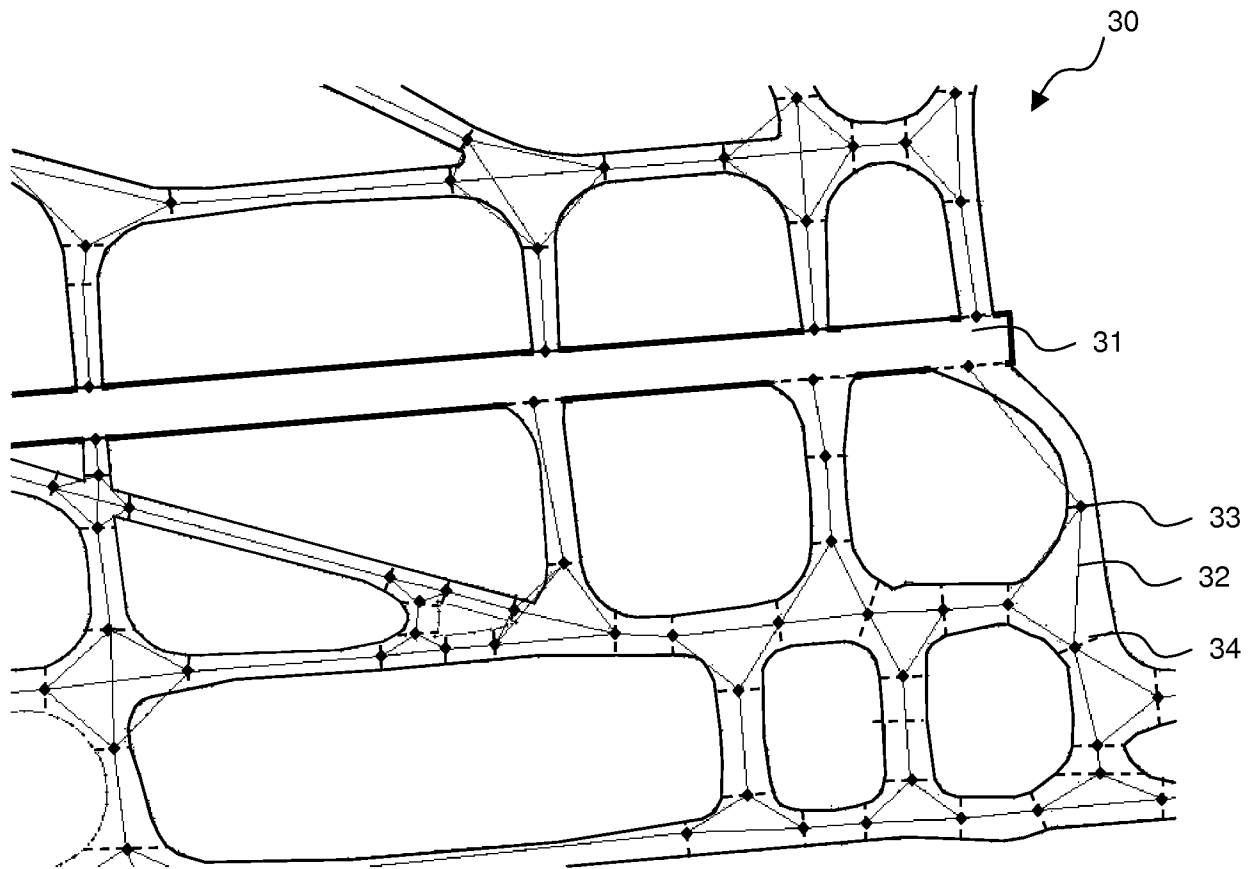


FIG.3

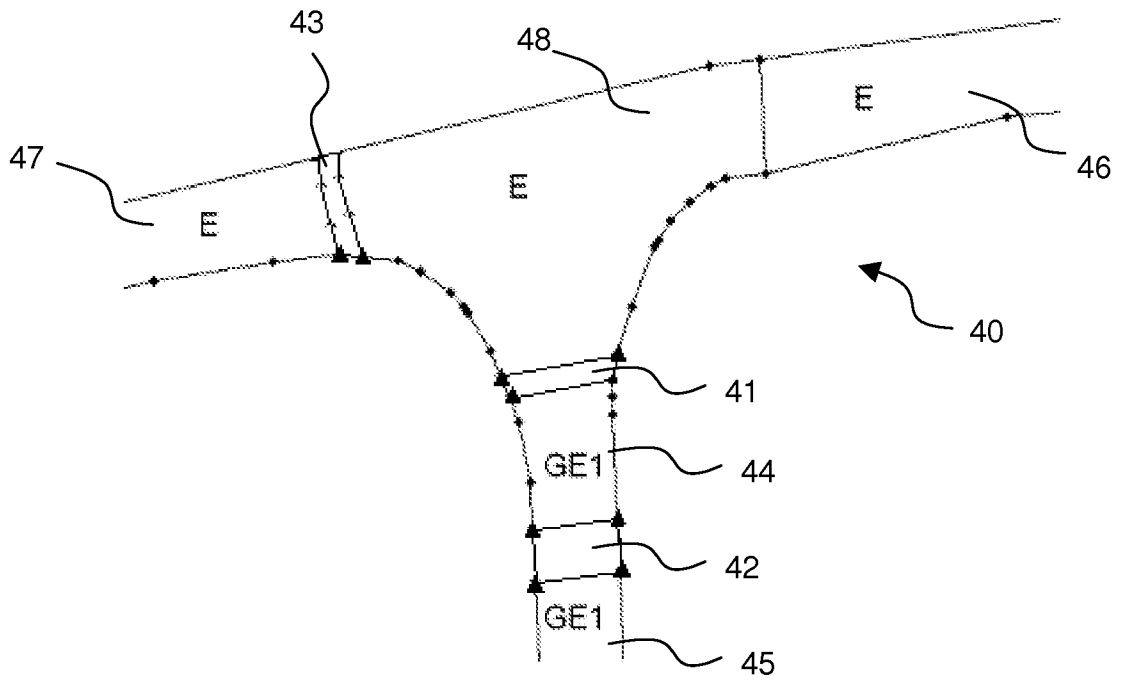


FIG.4A

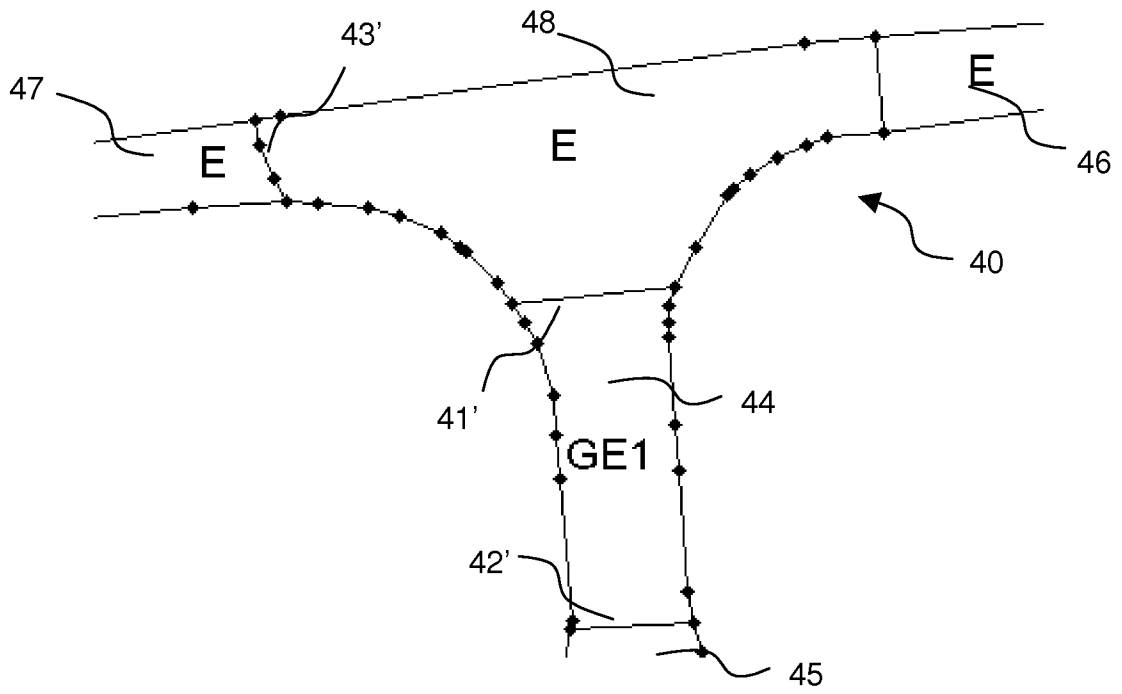


FIG.4B

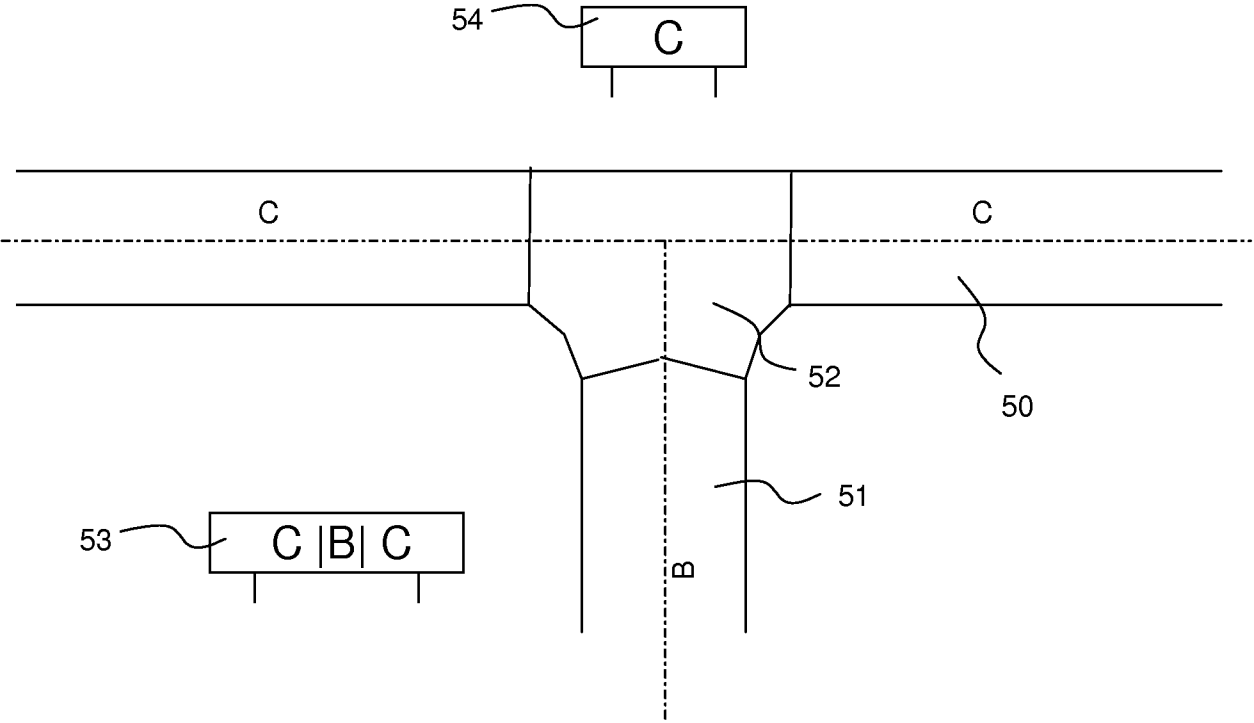


FIG.5

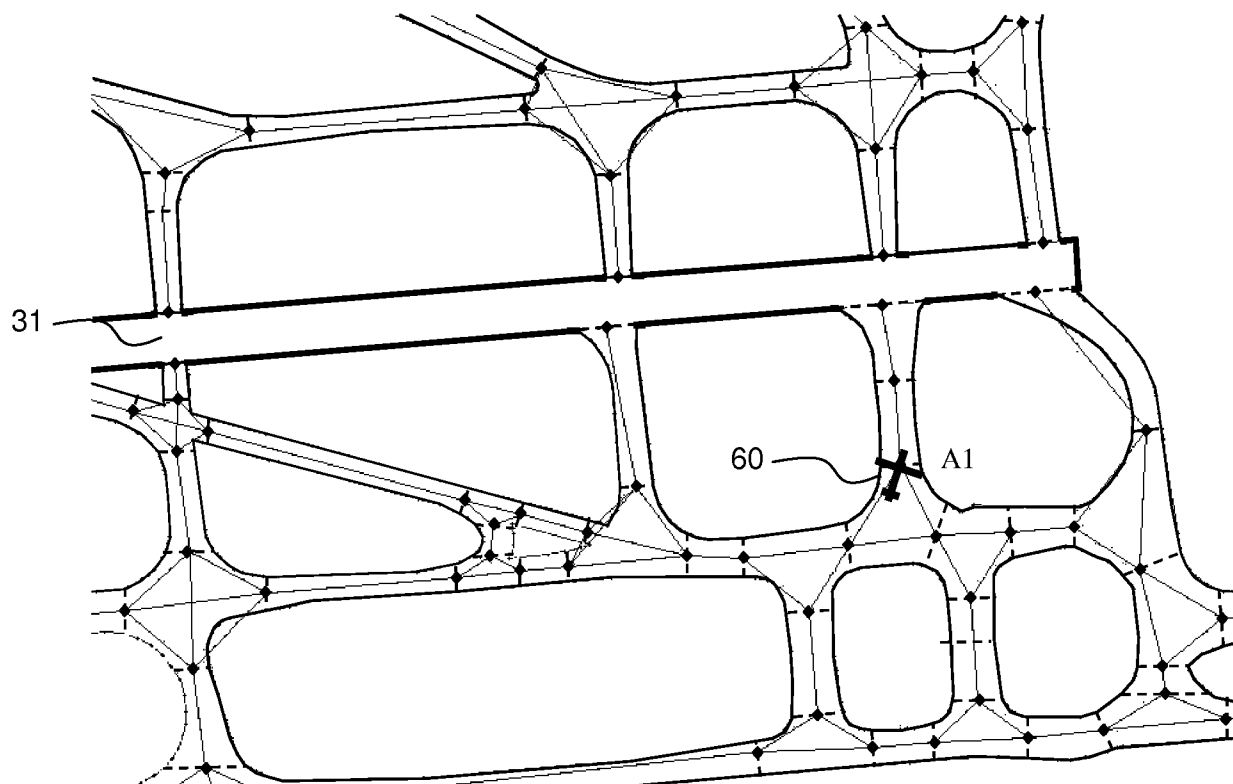


FIG.6

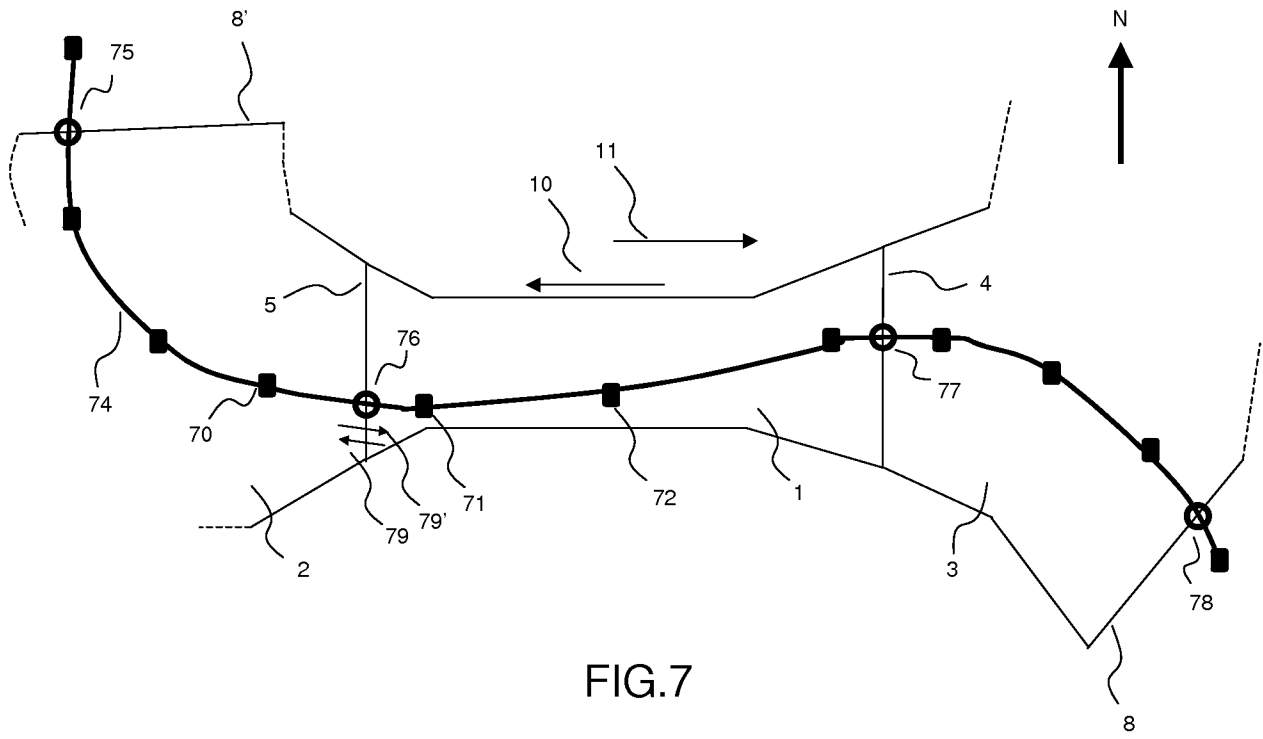


FIG.7

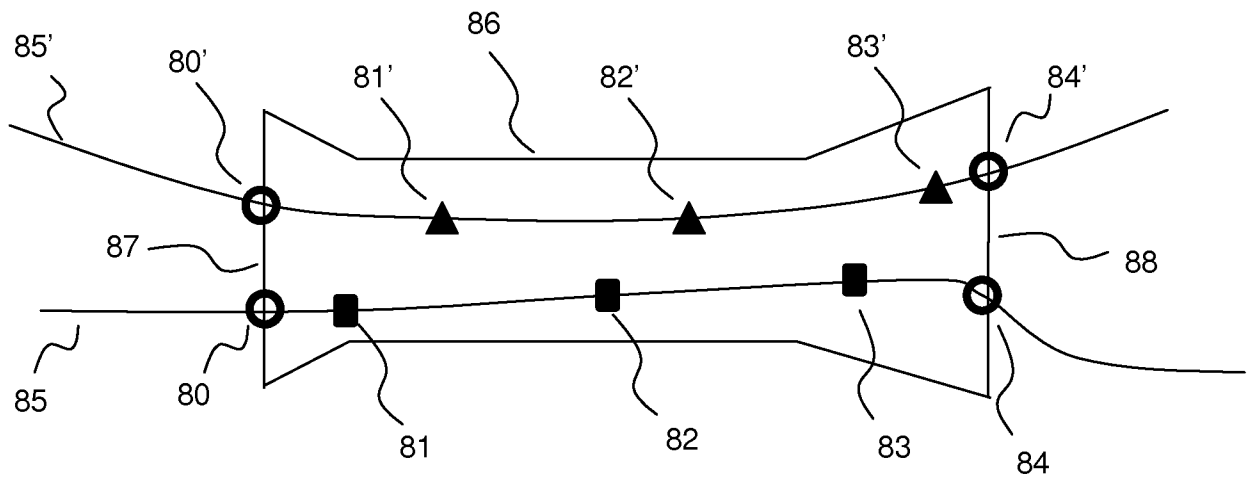


FIG.8

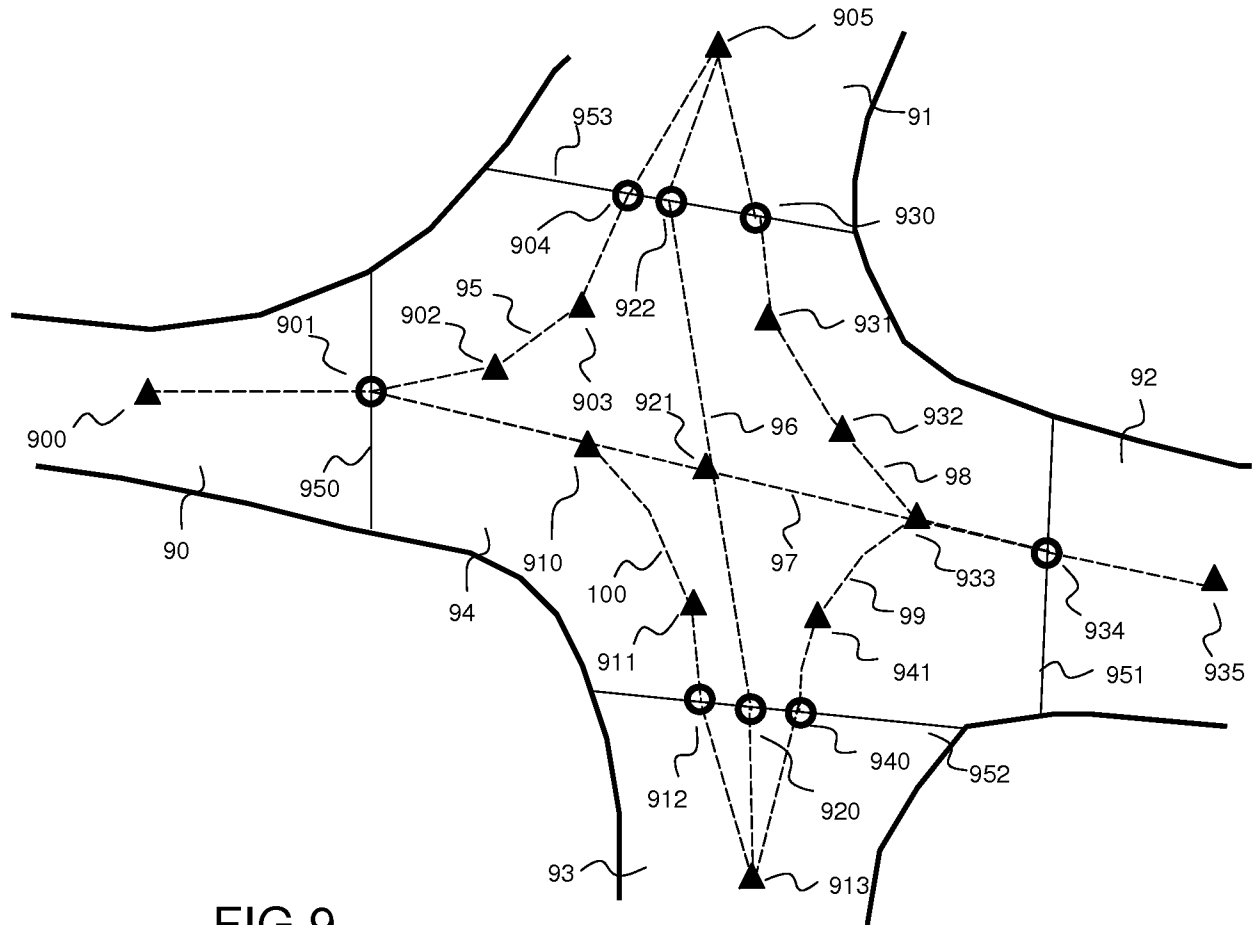


FIG. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/059836

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G08G5/06 G01C23/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G08G G01C G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 374 932 A (WYSCHOGRD DANIEL [US] ET AL) 20 December 1994 (1994-12-20) column 99, lines 42-51 column 100, lines 5-61 column 101, lines 10-57 column 102, lines 56-59	1-18
A	WO 03/048888 A (SMITHS AEROSPACE INC [US]) 12 June 2003 (2003-06-12) page 5, paragraph 22 page 6, paragraph 27 page 7, paragraphs 33, 34 page 8, paragraph 36	1-18
A	US 2002/120392 A1 (STRATTON RICHARD L [US] ET AL) 29 August 2002 (2002-08-29) page 2, paragraph 20 page 3, paragraphs 26, 27	1-18
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 octobre 2008

Date of mailing of the international search report

31/10/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Flores-Jiménez, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/059836

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2005/015202 A1 (POE JOHN J [US] ET AL) 20 January 2005 (2005-01-20) page 3, paragraph 44 page 7, paragraphs 101,102 -----	1-18
A	J. KOENERS ET AL: "Pictorial representation of ATC instructions for airport surface operations: design and evaluation" 20TH DASC. 20TH DIGITAL AVIONICS SYSTEMS CONFERENCE. PROCEEDINGS 14-18 OCT. 2001 DAYTONA BEACH, FL, USA, vol. 1, 2001, pages 2.D.5-1, XP002470123 20th DASC. 20th Digital Avionics Systems Conference (Cat. No.01CH37219) IEEE Piscataway, NJ, USA ISBN: 0-7803-7034-1 the whole document -----	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/059836

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5374932	A	20-12-1994	NONE	
WO 03048888	A	12-06-2003	AU 2002359328 A1 CA 2468117 A1 CN 1630873 A EP 1461675 A2 JP 2005511394 T US 2003105580 A1	17-06-2003 12-06-2003 22-06-2005 29-09-2004 28-04-2005 05-06-2003
US 2002120392	A1	29-08-2002	NONE	
US 2005015202	A1	20-01-2005	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2008/059836

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G08G5/06 G01C23/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
G08G G01C G06T

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 374 932 A (WYSCHOGROD DANIEL [US] ET AL) 20 décembre 1994 (1994-12-20) colonne 99, ligne 42-51 colonne 100, ligne 5-61 colonne 101, ligne 10-57 colonne 102, ligne 56-59	1-18
A	WO 03/048888 A (SMITHS AEROSPACE INC [US]) 12 juin 2003 (2003-06-12) page 5, alinéa 22 page 6, alinéa 27 page 7, alinéas 33,34 page 8, alinéa 36	1-18
A	US 2002/120392 A1 (STRATTON RICHARD L [US] ET AL) 29 août 2002 (2002-08-29) page 2, alinéa 20 page 3, alinéas 26,27	1-18
-/--		

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

24 octobre 2008

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

31/10/2008

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Flores-Jiménez, A

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2008/059836

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2005/015202 A1 (POE JOHN J [US] ET AL) 20 janvier 2005 (2005-01-20) page 3, alinéa 44 page 7, alinéas 101,102	1-18
A	J. KOENERS ET AL: "Pictorial representation of ATC instructions for airport surface operations: design and evaluation" 20TH DASC. 20TH DIGITAL AVIONICS SYSTEMS CONFERENCE. PROCEEDINGS 14-18 OCT. 2001 DAYTONA BEACH, FL, USA, vol. 1, 2001, pages 2.D.5-1, XP002470123 20th DASC. 20th Digital Avionics Systems Conference (Cat. No.01CH37219) IEEE Piscataway, NJ, USA ISBN: 0-7803-7034-1 le document en entier	1-18

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2008/059836

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5374932	A	20-12-1994	AUCUN	
WO 03048888	A	12-06-2003	AU 2002359328 A1	17-06-2003
			CA 2468117 A1	12-06-2003
			CN 1630873 A	22-06-2005
			EP 1461675 A2	29-09-2004
			JP 2005511394 T	28-04-2005
			US 2003105580 A1	05-06-2003
US 2002120392	A1	29-08-2002	AUCUN	
US 2005015202	A1	20-01-2005	AUCUN	