



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

<p>(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>G01C 21/00</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 97/47945</b> (43) Date de publication internationale: 18 décembre 1997 (18.12.97)</p>
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR97/00969 (22) Date de dépôt international: 3 juin 1997 (03.06.97) (30) Données relatives à la priorité: 96/07075 7 juin 1996 (07.06.96) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): SEXTANT AVIONIQUE [FR/FR]; Aérodrome de Villacoublay, F-78140 Velizy Villacoublay (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): DEKER, Guy [FR/FR]; Thomson-CSF S.C.P.I., 13, avenue du Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR). (74) Mandataire: THOMSON-CSF S.C.P.I.; 13, avenue du Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR).</p>		<p>(81) Etats désignés: CA, CN, JP, SG, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Publiée Avec rapport de recherche internationale.</p>

(54) Title: METHOD FOR THE LATERAL AVOIDANCE OF A MOBILE ZONE BY A VEHICLE

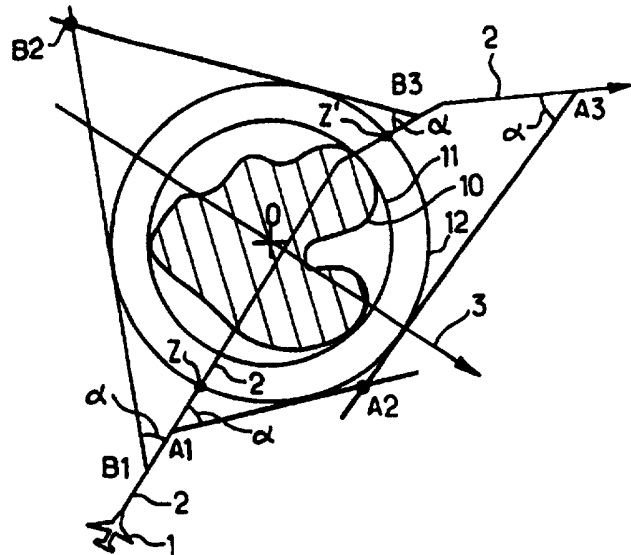
(54) Titre: PROCÉDE POUR L'ÉVITEMENT LATÉRAL PAR UN VÉHICULE D'UNE ZONE MOBILE

## (57) Abstract

For the lateral avoidance of a mobile zone (10) by a vehicle (1) based on periodically supplied information concerning the mobile zone to be avoided (10) and on an initially scheduled route (2) for the vehicle, the method comprises: defining periodically (18) the envelope of the said zone (10), determining (19) a circumscribed circle (12) to the said envelope, and the speed vector (3) of the circle (12), determining the route (2) portion situated on the passage of the circle (12), if the vehicle must enter the circle (12), computing (24) port (B1-B2-B3) and starboard (A1-A2-A3) trajectories for avoiding the zone defined by the circle (12), selecting one of these two avoidance trajectories (A1-A2-A3, B1-B2-B3) according to the length of the newly computed avoidance routes and the direction of movement of the zone to be avoided (10).

## (57) Abrégé

Pour l'évitement latéral par un véhicule (1) d'une zone mobile (10) à partir d'informations fournies périodiquement concernant une zone mobile à éviter (10) et d'une route initialement prévue (2) du véhicule, le procédé selon l'invention comprend: la définition périodique (18) de l'enveloppe de la zone à éviter (10), la détermination (19) d'un cercle circonscrit (12) à ladite enveloppe, et du vecteur vitesse (3) du cercle (12), la détermination de la portion de la route (2) se situant sur le passage du cercle (12), si le véhicule doit pénétrer dans le cercle (12), le calcul (24) de trajectoires d'évitement bâbord (B1-B2-B3) et tribord (A1-A2-A3) de la zone délimitée par le cercle (12), et la sélection d'une de ces deux trajectoires d'évitement (A1-A2-A3, B1-B2-B3) en fonction de la longueur des nouvelles routes d'évitement calculées, et de la direction de déplacement de la zone à éviter (10).



**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

<b>AL</b>	Albanie	<b>ES</b>	Espagne	<b>LS</b>	Lesotho	<b>SI</b>	Slovénie
<b>AM</b>	Arménie	<b>FI</b>	Finlande	<b>LT</b>	Lituanie	<b>SK</b>	Slovaquie
<b>AT</b>	Autriche	<b>FR</b>	France	<b>LU</b>	Luxembourg	<b>SN</b>	Sénégal
<b>AU</b>	Australie	<b>GA</b>	Gabon	<b>LV</b>	Lettonie	<b>SZ</b>	Swaziland
<b>AZ</b>	Azerbaïdjan	<b>GB</b>	Royaume-Uni	<b>MC</b>	Monaco	<b>TD</b>	Tchad
<b>BA</b>	Bosnie-Herzégovine	<b>GE</b>	Géorgie	<b>MD</b>	République de Moldova	<b>TG</b>	Togo
<b>BB</b>	Barbade	<b>GH</b>	Ghana	<b>MG</b>	Madagascar	<b>TJ</b>	Tadjikistan
<b>BE</b>	Belgique	<b>GN</b>	Guinée	<b>MK</b>	Ex-République yougoslave de Macédoine	<b>TM</b>	Turkménistan
<b>BF</b>	Burkina Faso	<b>GR</b>	Grèce			<b>TR</b>	Turquie
<b>BG</b>	Bulgarie	<b>HU</b>	Hongrie	<b>ML</b>	Mali	<b>TT</b>	Trinité-et-Tobago
<b>BJ</b>	Bénin	<b>IE</b>	Irlande	<b>MN</b>	Mongolie	<b>UA</b>	Ukraine
<b>BR</b>	Brésil	<b>IL</b>	Israël	<b>MR</b>	Mauritanie	<b>UG</b>	Ouganda
<b>BY</b>	Bélarus	<b>IS</b>	Islande	<b>MW</b>	Malawi	<b>US</b>	Etats-Unis d'Amérique
<b>CA</b>	Canada	<b>IT</b>	Italie	<b>MX</b>	Mexique	<b>UZ</b>	Ouzbékistan
<b>CF</b>	République centrafricaine	<b>JP</b>	Japon	<b>NE</b>	Niger	<b>VN</b>	Viet Nam
<b>CG</b>	Congo	<b>KE</b>	Kenya	<b>NL</b>	Pays-Bas	<b>YU</b>	Yougoslavie
<b>CH</b>	Suisse	<b>KG</b>	Kirghizistan	<b>NO</b>	Norvège	<b>ZW</b>	Zimbabwe
<b>CI</b>	Côte d'Ivoire	<b>KP</b>	République populaire démocratique de Corée	<b>NZ</b>	Nouvelle-Zélande		
<b>CM</b>	Cameroun			<b>PL</b>	Pologne		
<b>CN</b>	Chine	<b>KR</b>	République de Corée	<b>PT</b>	Portugal		
<b>CU</b>	Cuba	<b>KZ</b>	Kazakstan	<b>RO</b>	Roumanie		
<b>CZ</b>	République tchèque	<b>LC</b>	Sainte-Lucie	<b>RU</b>	Fédération de Russie		
<b>DE</b>	Allemagne	<b>LI</b>	Liechtenstein	<b>SD</b>	Soudan		
<b>DK</b>	Danemark	<b>LK</b>	Sri Lanka	<b>SE</b>	Suède		
<b>EE</b>	Estonie	<b>LR</b>	Libéria	<b>SG</b>	Singapour		

PROCEDE POUR L'EVITEMENT LATERAL PAR UN VEHICULE D'UNE ZONE MOBILE.

5 La présente invention concerne un procédé pour déterminer une trajectoire d'évitement latéral par un véhicule d'une zone mobile qu'il n'est pas souhaitable de traverser.

Elle s'applique notamment, mais non exclusivement, au pilotage d'un aérodyne,  
10 pour aider le pilote à déterminer rapidement en vol, une trajectoire d'évitement, par exemple d'une zone météorologique dangereuse, telle qu'une formation orageuse.

En effet, le phénomène météorologique le plus caractéristique à éviter  
15 absolument pour un aérodyne est la formation orageuse résidant au sein d'un cumulo-nimbus où règnent des conditions sévères de turbulence et de givrage, et où les risques de foudroiement sont importants.

Pour éviter ce phénomène, la plupart des aérodynes équipés en instruments pour le pilotage sans visibilité disposent d'un radar météorologique qui fournit  
20 des informations météorologiques, ces informations donnant notamment les contours des zones météorologiques associés à un niveau de danger. Cependant, une fois détecté, c'est au pilote de gérer manuellement le problème météorologique soit en effectuant un évitement à vue de la zone, soit en traversant la zone.

25

La présente invention a pour but de soulager le pilote d'un véhicule dans le cas où un phénomène inattendu doit être évité par un contournement latéral de la zone où se produit le phénomène. A cet effet, elle propose un procédé pour  
30 l'évitement latéral par un véhicule d'au moins une zone mobile à partir d'une route initialement prévue et d'informations fournies périodiquement, donnant les contours de la zone mobile à éviter et la position courante et la vitesse du véhicule.

Selon l'invention, ce procédé est caractérisé en ce qu'il comprend  
35 successivement les étapes suivantes :

- la définition périodique de l'enveloppe de la zone à éviter à l'aide des dites informations de contour,

- la détermination d'un cercle circonscrit à l'enveloppe de la zone à éviter, et du vecteur vitesse du cercle circonscrit par enregistrement de positions successives de ce dernier,
- 5
- la détermination de la portion de la route prévue se situant sur le passage du cercle circonscrit, et le positionnement du cercle circonscrit au moment où le véhicule se trouve sur ladite portion de route,
- 10
- si une fois positionné, le cercle circonscrit est traversé par la route prévue du véhicule, le calcul de trajectoires d'évitement bâbord et tribord de la zone délimitée par le cercle circonscrit qui relie des points de sortie et de retour à la route initialement prévue, et
- 15
- la sélection d'une de ces deux trajectoires d'évitement en fonction de la longueur des nouvelles routes incluant respectivement les trajectoires d'évitement calculées, et du vecteur vitesse du centre du cercle circonscrit à la zone à éviter.
- 20
- Grâce à ces dispositions, l'évitement d'une zone mobile peut être entièrement automatisé.

Selon une particularité de l'invention, les points de sortie et de retour à la route initialement prévue correspondent aux points d'intersection avec celle-ci de tangentes au cercle circonscrit à l'enveloppe de la zone à éviter, formant un angle prédéterminé avec la route initialement prévue, les trajectoires d'évitement bâbord et tribord étant définies par ces tangentes.

25

Avantageusement, le procédé selon l'invention s'applique également au cas de zones mobiles multiples. Dans ce cas, le procédé comprend en outre :

30

- la détermination d'un cercle circonscrit à l'enveloppe de chaque zone à éviter, et du vecteur vitesse respectif des cercles circonscrits ainsi déterminés, par enregistrement de positions successives de ces derniers,
- 35
- le positionnement de chaque zone par rapport à la route prévue du véhicule aux moments respectifs où le véhicule se situe sur les portions de route traversées par lesdites zones,

- 5 - la détermination de la première zone se trouvant sur la route prévue et une première sélection des zones à éviter se trouvant dans un secteur délimité par les tangentes au cercle circonscrit à la première zone à éviter et passant par la position courante du véhicule,
  - 10 - une seconde sélection parmi les zones sélectionnées précédemment des zones situées à une distance inférieure à un seuil prédéterminé de la première zone ou d'une zone déjà sélectionnée lors de la seconde sélection,
  - 15 - la détermination des points de sortie de la route initialement prévue en considérant la première zone, et des points de retour à la route prévue en considérant la dernière zone sélectionnée, et
  - 20 - le calcul des trajectoires d'évitement bâbord et tribord composées de segments tangents aux cercles circonscrits à chaque zone précédemment sélectionnée, et des segments tangents passant par les points de sortie et de retour à la route prévue.
- 20 Un mode de réalisation du procédé selon l'invention sera décrit ci-après, à titre d'exemple non limitatif, avec référence aux dessins annexés dans lesquels :

25 La figure 1 représente schématiquement les équipements électroniques d'un aérodyne comprenant un calculateur destiné à mettre en oeuvre le procédé selon l'invention ;

La figure 2 illustre schématiquement l'algorithme exécuté pour traiter les signaux de détection de zones à éviter ;

30 Les figures 3 et 4 représentent schématiquement la trajectoire d'un aérodyne qui traverse une zone à éviter et les trajectoires possibles d'évitement ;

La figure 5 illustre le cas où deux zones successives à éviter se trouvent sur la trajectoire d'un aérodyne.

Tel que représenté sur la figure 1, le procédé selon l'invention est particulièrement conçu pour être exécuté par un calculateur 4 installé à bord

d'un aérodyne, qui est couplé par l'intermédiaire d'un bus de transmission de données 5 appelé "bus avion", aux équipements de navigation incluant un dispositif de pilotage automatique 14 et des instruments de navigation 16, à un radar météorologique 9, ainsi qu'à un dispositif d'interface homme/machine 6  
5 comprenant un élément de commande et des éléments de signalisation, tel qu'un écran de visualisation 7 et un haut-parleur 8 installés dans le cockpit.

D'une manière connue, le dispositif de pilotage automatique 14 comprend une mémoire dans laquelle est enregistrée la trajectoire prévue de l'aérodyne constituée d'une succession de segments de droite entre le point de départ et  
10 le point de destination.

Par ailleurs, le radar météorologique 9 est conçu pour déterminer la densité d'objets réfléchissant les ondes électromagnétiques émises par le radar, telles que les particules d'eau ou de glace et les précipitations. Un tel radar fourni  
15 périodiquement des informations permettant de reconstituer le contour de zones associées à un niveau de danger.

L'algorithme montré sur la figure 2 est exécuté par le calculateur 4 installé à bord de l'aérodyne. Il consiste tout d'abord à acquérir en permanence les  
20 données fournies périodiquement par le radar météorologique 9 (étape 18), et à tester le niveau de danger associé aux données reçues (étape 19). Cette analyse est effectuée principalement sur le même plan horizontal que l'avion (inclinaison nulle), mais aussi selon des angles légèrement positifs et négatifs (inclinaison de -5 degrés à +15 degrés), de manière à préciser l'ampleur et le  
25 caractère dangereux du phénomène.

Lorsqu'une zone à éviter, c'est-à-dire, associée à un niveau de danger dépassant un certain seuil est détectée par le radar météorologique 9, cette zone correspondant par exemple à une zone orageuse constituée par un  
30 cumulo-nimbus, le calculateur 4 détermine à partir de ces données, à chaque fois qu'elles sont fournies par le radar 9, un cercle 11 dans lequel la zone orageuse 10 est circonscrite (voir figure 3). Ce cercle est par exemple déterminé par la position de son centre O et par son rayon. En première approximation, ces valeurs peuvent être déterminées en considérant les points  
35 du contour du niveau significatif de danger de la zone les plus éloignés les uns des autres. Pour une détermination plus précise de ces valeurs en vue d'optimiser la trajectoire d'évitement, le contour de la zone est tout d'abord modélisé par une succession de segments de droite, puis traité de manière à

éliminer les points de concavité afin de modéliser la zone par une forme polygonale convexe. On détermine ensuite le centre de la zone par un calcul de barycentre, le rayon du cercle circonscrit correspondant à la distance entre le centre de la zone ainsi calculé et le point du contour de la zone le plus éloigné du centre.

La détermination périodique de ce cercle permet de calculer le vecteur vitesse représentatif du déplacement de la zone 10.

Bien entendu, ces résultats peuvent être consolidés par des informations météorologiques fournies par d'autres instruments de bord 16 ou par des équipements terrestres transmettant ces informations par radio qui sont reçues par un émetteur/récepteur 15 raccordé au bus avion 5.

Une fois que ces calculs ont été effectués à l'étape 21, le calculateur 4 va rechercher à l'étape 22, compte tenu du vecteur vitesse considéré constant en valeur et de la position courante de la zone à éviter 10, et de la route prévue 2, de la position courante et la vitesse de l'aérodyne 1, si celui-ci est susceptible de pénétrer dans la zone 10 modélisée par le cercle 11.

Si l'aérodyne ne va pas pénétrer dans la zone 10, on revient au début 20 de l'algorithme pour poursuivre l'analyse des informations fournies par le radar. Dans le cas contraire, le calculateur 4 envoie un message destiné à l'afficheur 7 pour avertir le pilote que la route 2 à parcourir par l'aérodyne 1 traverse une zone dangereuse qu'il vaut mieux éviter (étape 23). Il déclenche ensuite le calcul d'une trajectoire d'évitement (étape 24) qui consiste tout d'abord, comme représenté sur la figure 3, à positionner le cercle 11 par rapport à la route prévue 2 de l'aérodyne 1 au moment où celui-ci sera dans le passage du cercle 11, par exemple à l'intersection avec la trajectoire du point O.

Dans cette configuration, le calculateur 4 détermine un cercle de sécurité 12, concentrique au cercle 11, par ajout d'une marge de sécurité, par exemple de 5 milles nautiques, qui dépend de la taille et/ou du niveau de danger de la zone 10, ce cercle 12 constituant une limite à ne pas franchir par l'aérodyne 1. Puis, il détermine ensuite les points de sortie A1, B1, et de retour A3, B3 à la route 2 initialement prévue, en calculant les segments A1-A2, A2-A3, B1-B2, B2-B3 tangents au cercle de sécurité 12 et faisant un angle  $\alpha$  avec la trajectoire initiale de 30 degrés ou 45 degrés (en fonction de la réglementation aérienne

en vigueur dans la région où l'on se trouve), et permettant de contourner la zone 10 de part et d'autre du cercle 12.

5 Ces segments A1-A2, A2-A3 et B1-B2, B2-B3 déterminent respectivement une trajectoire d'évitement tribord A1-A2-A3 et une trajectoire d'évitement bâbord B1-B2-B3 de la zone 10, qui relie les points de sortie A1, B1 et de retour A3, B3 à la trajectoire 2 initialement prévue.

10 Les routes d'évitement sont obtenues en ajoutant aux trajectoires d'évitement les portions B1-A1, B3-A3 de la route prévue 2 de telle façon que les deux routes d'évitement B1-A1-A2-A3, B1-B2-B3-A3 aient les mêmes extrémités B1, A3.

15 Il s'agit ensuite de choisir l'une des deux routes d'évitement B1-A1-A2-A3 à B1-B2-B3-A3 ainsi calculées. Pour cela, le calculateur 4 détermine la longueur de chacune des deux nouvelles routes comprenant respectivement les deux trajectoires d'évitement calculées, pour sélectionner la plus courte, et si ces deux nouvelles routes sont d'égale longueur, on choisit celle qui se trouve au vent du phénomène.

20 Ainsi, comme illustré sur la figure 4, la route d'évitement choisie est celle qui passe par les points A1, A2 et A3.

Cette nouvelle route permet de modifier le plan de vol initial qui peut être affiché sur l'écran 7, avec demande de validation par le pilote. Ainsi, les points A1, A2 et A3 sont insérés dans le nouveau plan de vol, en tant que points de  
25 changement de cap, la portion de la route initiale située entre les points A1 et A3 étant supprimée.

A l'étape 25, le calculateur 4 se met en attente de la validation par le pilote du nouveau plan de vol incluant la trajectoire d'évitement A1-A2-A3 ainsi calculée,  
30 et ce jusqu'à ce que soit dépassé le point de sortie A1 de la route 2 initialement prévue 2 (étape 26). Pendant cette attente, le calculateur 4 calcule et affiche la valeur de la distance de ce point de sortie A1, compte tenu de la position courante de l'aérodyne 1, cette valeur étant rafraîchie périodiquement (étape 27).

35 Si pendant cette attente, le pilote a validé le nouveau plan de vol, celui-ci est envoyé au dispositif de pilotage automatique 14 en remplacement de celui 2 initialement prévu, qui devient alors actif (étape 28).



Avantageusement, la transition du segment A1-A2 vers le segment A2-A3 est une transition simple, c'est-à-dire selon un arc de cercle dépendant de la vitesse de l'aérodyne, qui permet de contourner la zone mobile 10, en suivant ses contours au plus près.

5

Si le pilote n'a pas validé le nouveau plan de vol avant le franchissement du point de sortie A1, le calculateur 4 envoie à l'étape 29 un message au pilote pour indiquer que ce point de sortie est dépassé. Ensuite, à l'étape 30, il calcule la distance entre la position courante de l'aérodyne 1 et le point Z  
10 d'entrée de la zone délimitée par le cercle 12. Tant que l'aérodyne 1 n'a pas atteint le point Z, cette distance est affichée avec rafraîchissement périodique (étape 31). Lorsque ce point Z est franchi, le calculateur 4 envoie un message d'alerte qui signale au pilote que l'on se trouve dans une zone dangereuse (étape 32). Le calculateur 4 se met ensuite en attente de la sortie de la zone  
15 dangereuse, compte tenu de la position du point de sortie Z' de cette zone, ainsi que de la position courante et de la vitesse de l'aérodyne 1 (étape 33), avant de revenir à l'étape 18 d'acquisition des données issues du radar météorologique 9.

20 Avantageusement, le calcul de la trajectoire d'évitement tient compte de la présence d'une autre ou d'autres zones dangereuses isolées par le radar. Dans le cas où deux zones 10, 10' sont détectées, le calculateur 4 détermine les deux cercles de sécurité 12 et 12' entourant respectivement les deux zones 10, 10' (Figure 5).

25 Deux cas se présentent suivant que la seconde zone 10' (celle qui est la plus éloignée de l'aérodyne 1) est ou n'est pas située avec la première zone 10 dans un secteur délimité par les deux tangentes 13, 13' au cercle de sécurité 12 de la première zone 10 passant par la position courante de l'aérodyne 1.

30 Si le centre de la seconde zone 10' est en dehors de ce secteur, alors elle n'est pas à prendre en compte. Dans le cas contraire, il y a lieu de considérer si la seconde zone 10' est très éloignée ou non de la première 10, par exemple d'une distance correspondant à 5 fois le rayon du cercle 12 entourant la première zone 10.

35

Si la seconde zone 10' est très éloignée de la première 10, on effectuera alors deux évitements successifs, en considérant chaque zone 10, 10' isolément, et en commençant par l'évitement de la zone 10 la plus proche.

Dans le cas contraire, et si les deux zones 10, 10' traversent la trajectoire 2 de l'aérodyne 1 initialement prévue au même moment, alors la trajectoire d'évitement sera construite comme illustré sur la figure 5, en calculant comme précédemment, les segments de trajectoire A1-A2, B1-B2 de déviation par rapport à la trajectoire initiale 2, en considérant la première zone 10, et les segments A3'-A4' et B3'-B4' de retour à la trajectoire initiale 2, en considérant la seconde zone 10'.

Il s'agit ensuite de calculer les segments de trajectoire A2-A3' et B2-B3', les points A2 et B2 étant définis par l'intersection des tangentes au cercle 12 issue des points A1 et B1 avec les tangentes aux deux cercles 12 et 12', et les points A3' et B3' par l'intersection des tangentes aux deux cercles 12 et 12' avec les tangentes au cercle 12' passant par les points de retour A4' et B4'.

Comme précédemment, la trajectoire d'évitement qui sera finalement prise en compte est celle qui conduit à la nouvelle route la plus courte, et si les deux nouvelles routes ont une longueur identique, la nouvelle route sélectionnée sera celle qui est située au vent des zones à éviter 10, 10'.

**REVENDEICATIONS**

1. Procédé pour l'évitement latéral par un véhicule (1) d'au moins une zone mobile (10) à partir d'une route initialement prévue (2) et d'informations fournies périodiquement, représentatives de la position des contours de la zone mobile à éviter (10) et la position courante et la vitesse du véhicule (1),

caractérisé en ce qu'il comprend successivement les étapes suivantes :

- 10 - la définition périodique (18) de l'enveloppe de la zone à éviter (10) à l'aide des dites informations de contour,
- la détermination (19) d'un cercle circonscrit (12) à l'enveloppe de la zone à éviter (10), et du vecteur vitesse (3) du cercle circonscrit (12) par enregistrement de positions successives de ce dernier,
- 15 - la détermination de la portion de la route (2) prévue se situant sur le passage du cercle circonscrit (12), et le positionnement de celui-ci au moment où le véhicule (1) se trouve sur ladite portion de route (2),
- 20 - si une fois positionné, le cercle circonscrit (12) est traversé par la route prévue (2) du véhicule (1), le calcul (24) de trajectoires d'évitement bâbord (B1-B2-B3) et tribord (A1-A2-A3) de la zone délimitée par le cercle circonscrit (12), qui relie des points de sortie (A1, B1) et de retour (A3, B3)
- 25 à la route initialement prévue (2), et
- la sélection d'une de ces deux trajectoires d'évitement (A1-A2-A3, B1-B2-B3) en fonction de la longueur des nouvelles routes incluant respectivement les trajectoires d'évitement calculées, et de la direction de déplacement de
- 30 la zone à éviter (10).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les points de sortie (A1, B1) et de retour (A3, B3) à la route initialement prévue (2) correspondent aux points d'intersection avec celle-ci de tangentes (A1-A2, A2-A3, B1-B2, B2-B3) au cercle circonscrit (12) à l'enveloppe de la zone à éviter (10), formant un angle ( $\alpha$ ) prédéterminé avec la route initialement prévue (2), les trajectoires d'évitement bâbord (B1-B2-B3) et tribord (A1-A2-A3) étant définies par ces tangentes.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,  
caractérisé en ce qu'il comprend l'approximation du contour de la zone à éviter  
par un contour polygonal et l'élimination des points de concavité pour obtenir  
5 un contour polygonal convexe, le centre du cercle circonscrit étant déterminé  
par un calcul de barycentre appliqué au contour polygonal convexe, et son  
rayon par le calcul de la distance entre ledit centre et le point du contour  
polygonal le plus éloigné du centre.
- 10 4. Procédé selon l'une des revendications précédentes,  
caractérisé en ce que lorsque plusieurs zones (10, 10') sont détectées, il  
comprend en outre :
- 15 - la détermination d'un cercle circonscrit (12, 12') à l'enveloppe de chaque  
zone à éviter (10, 10'), et du vecteur vitesse (3) respectif des cercles  
circonscrits ainsi déterminés, par enregistrement de positions successives  
de ces derniers,
  - 20 - le positionnement de chaque zone (10, 10') par rapport à la route prévue (2)  
du véhicule (1) aux moments respectifs où le véhicule (1) se situe sur les  
portions de route (2) traversées par lesdites zones (10, 10'),
  - 25 - la détermination de la première zone (10) se trouvant sur la route prévue (2)  
et une première sélection des zones (10') à éviter se trouvant dans un  
secteur délimité par les tangentes (13, 13') au cercle circonscrit (12) à la  
première zone à éviter (10) et passant par la position courante du véhicule  
(1),
  - 30 - une seconde sélection parmi les zones (10, 10') sélectionnées  
précédemment des zones situées à une distance inférieure à un seuil  
prédéterminé de la première zone (10) ou d'une zone déjà sélectionnée lors  
de la seconde sélection,
  - 35 - la détermination des points de sortie (A1, B1) de la route initialement prévue  
(2) en considérant la première zone (10), et des points de retour (A4', B4') à  
la route prévue (2) en considérant la zone (10') la plus éloignée  
sélectionnée lors de la seconde sélection, et

- 5 - le calcul des trajectoires d'évitement bâbord et tribord (A1-A2-A3'-A4', B1-B2-B3'-B4') composées de segments tangents (A2-A3', B2-B3') aux cercles circonscrits (12, 12') à chaque zone (10, 10') précédemment sélectionnée, et des segments tangents (A1-A2, B1-B2, A3'-A4', B3'-B4') passant par les points de sortie (A1, B1) et de retour (A4', B4') à la route prévue (2).

10 5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le rayon du cercle circonscrit (12, 12') à chaque zone à éviter (10, 10') est déterminé en appliquant une distance de sécurité avec la dite zone.

15 6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'acquisition en permanence d'informations représentatives des contours de zones (10, 10') associées à un niveau de danger, fournies par un radar météorologique (9), les zones à éviter étant détectées lorsque ce niveau de danger dépasse un certain seuil prédéterminé.

20 7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre la détermination d'une nouvelle route à partir de la définition de la trajectoire d'évitement sélectionnée (A1-A2-A3) et de la route initiale (2), cette nouvelle route étant exécutable par un dispositif de pilotage automatique (14).

25 8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre périodiquement le calcul et l'affichage (27) de la distance entre la position courante du véhicule (1) et le point de sortie (A1) de la route initiale (2) vers la trajectoire d'évitement sélectionnée (A1-A2-A3), l'activation (28) de la nouvelle route incluant la trajectoire d'évitement sélectionnée étant effectuée si cette nouvelle route a été validée.

35 9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend en outre périodiquement le calcul et l'affichage (31) de la distance entre la position courante du véhicule (1) et la zone à éviter (10), si le point de sortie (A1) est dépassé sans que la nouvelle route ait été validée, et l'affichage (32) d'un message d'alerte lorsque le véhicule (1) pénètre dans la zone à éviter (10).

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la sélection de la trajectoire d'évitement bâbord (B1-B2-B3) ou tribord (A1-A2-A3) est effectuée en calculant la longueur de deux nouvelles routes (B1-A1-A2-A3, B1-B2-B3-A3) incluant respectivement ces deux trajectoires, et les portions (B1-A1, B3-A3) de la route initiale (2) de telle façon que les deux nouvelles routes aient les mêmes extrémités, la trajectoire sélectionnée (A1-A2-A3) étant celle qui conduit à la nouvelle route la plus courte, et si les longueurs des deux nouvelles routes sont identiques, la trajectoire sélectionnée est celle qui se trouve au vent de la zone à éviter (10).

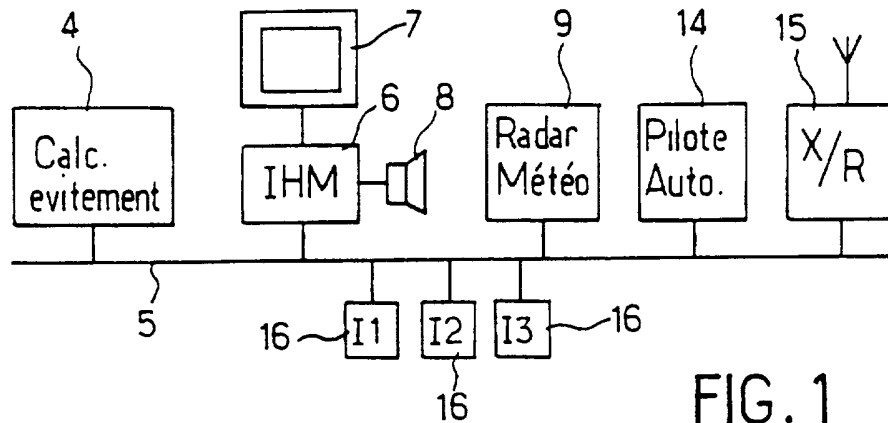


FIG. 1

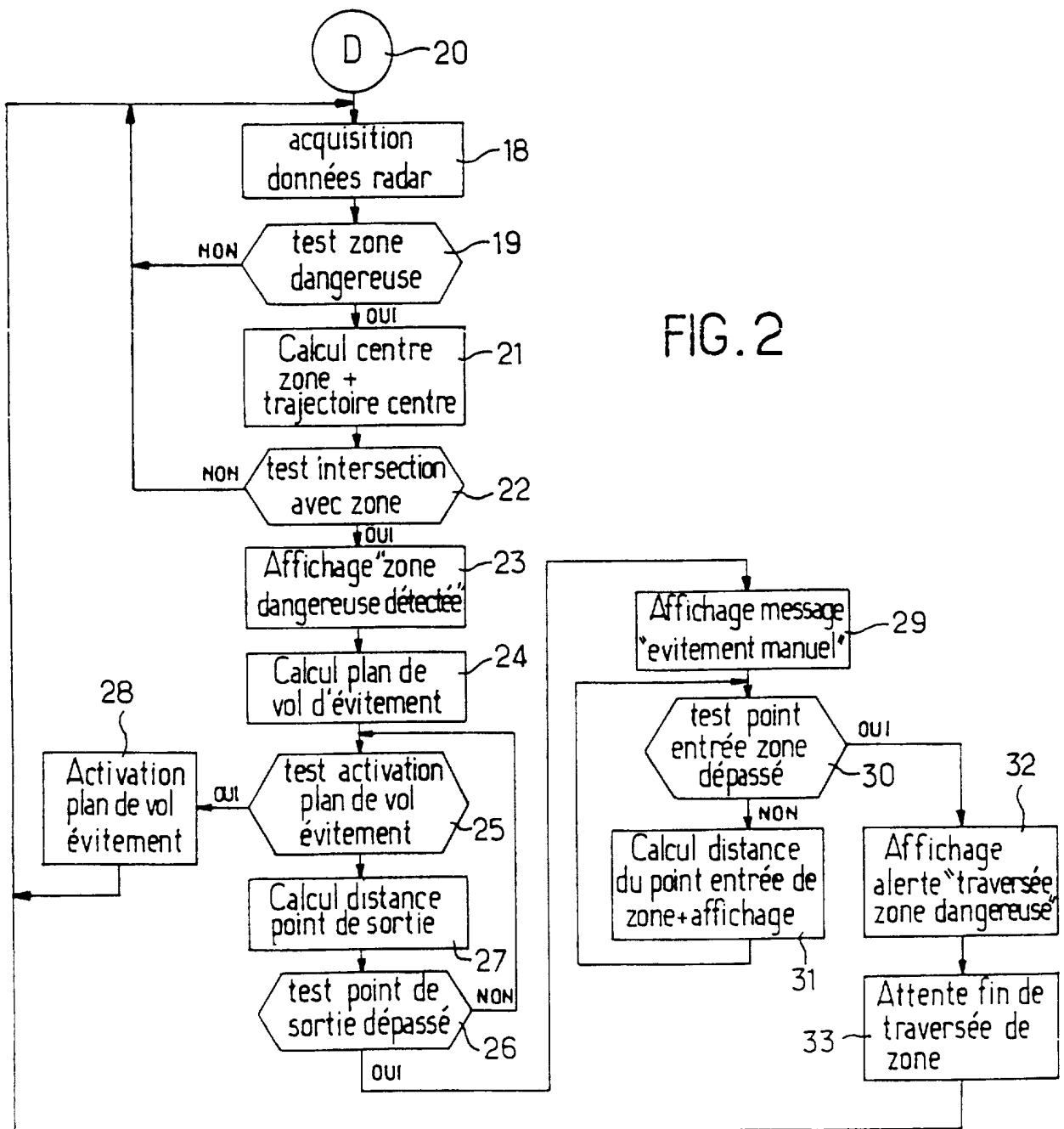


FIG. 2

2/2

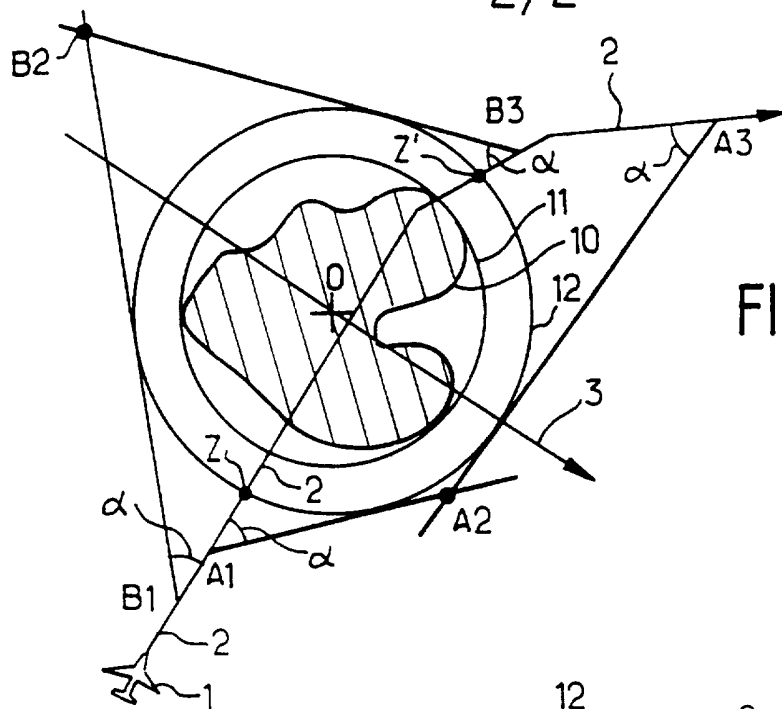


FIG. 3

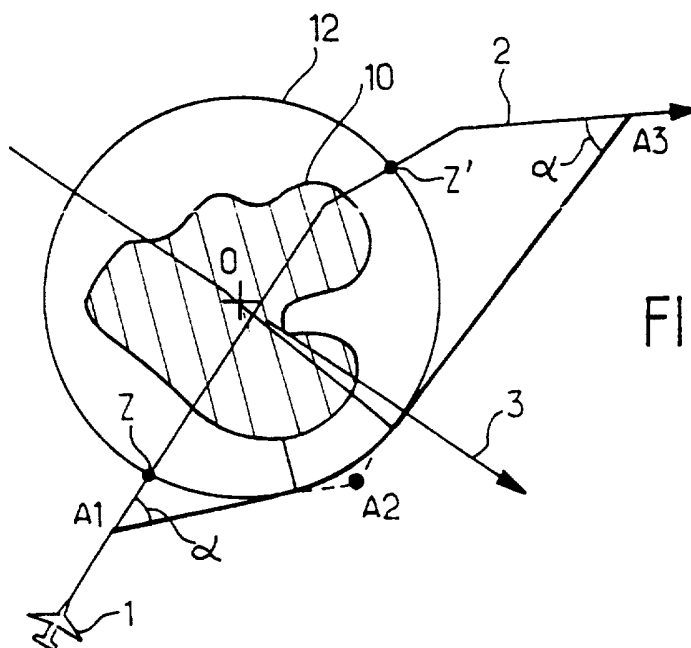


FIG. 4

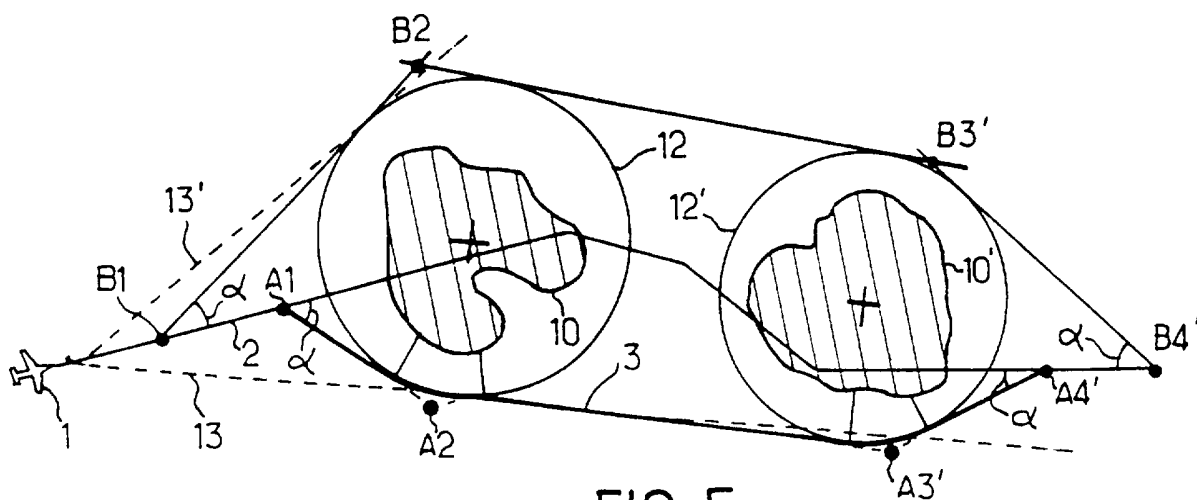


FIG. 5



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No  
PCT/FR 97/00969

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 G01C21/00

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)  
IPC 6 G01C G05D

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)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PROCEEDINGS OF THE DIGITAL AVIONICS SYSTEMS CONFERENCE, LOS ANGELES, OCT. 14 - 17, 1991, no. CONF. 10, 14 October 1991, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, pages 420-425, XP000309279 STILES P ET AL: "ROUTE PLANNING" see the whole document ---	1
A	EP 0 565 399 A (DASSAULT ELECTRONIQUE) 13 October 1993 see page 7, line 50 - page 9, line 52 ---	1
A	WO 95 19545 A (HONEYWELL INC) 20 July 1995 see abstract; figure 1 ---	1
A	WO 95 19547 A (HONEYWELL INC) 20 July 1995 see the whole document ---	1
-/--		

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in 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.
  - \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  <b>12 August 1997</b>	Date of mailing of the international search report  <b>03.09.97</b>
--	---

Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patendaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+ 31-70) 340-3016	Authorized officer  <b>Kelperis, K</b>
--	--

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 97/00969

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 381 178 A (HONEYWELL INC) 8 August 1990 see the whole document ---	1
A	GB 2 176 965 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 7 January 1987 see the whole document -----	1

1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 97/00969

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0565399 A	13-10-93	FR 2689668 A	08-10-93
		AT 147869 T	15-02-97
		CA 2093546 A	08-10-93
		DE 69307377 D	27-02-97
		DE 69307377 T	03-07-97
		ES 2099391 T	16-05-97
		JP 6024393 A	01-02-94
		US 5488563 A	30-01-96
		US 5638282 A	10-06-97
WO 9519545 A	20-07-95	CA 2181458 A	20-07-95
		EP 0740773 A	06-11-96
WO 9519547 A	20-07-95	CA 2180452 A	20-07-95
		EP 0740772 A	06-11-96
		US 5631640 A	20-05-97
EP 0381178 A	08-08-90	JP 3009211 A	17-01-91
		US 5086396 A	04-02-92
GB 2176965 A	07-01-87	US 4652122 A	24-03-87
		DE 3620636 A	02-01-87
		FR 2584191 A	02-01-87
		JP 62003665 A	09-01-87

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem. Internationale No  
PCT/FR 97/00969

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> CIB 6 G01C21/00		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 6 G01C G05D		
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)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PROCEEDINGS OF THE DIGITAL AVIONICS SYSTEMS CONFERENCE, LOS ANGELES, OCT. 14 - 17, 1991, no. CONF. 10, 14 Octobre 1991, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, pages 420-425, XP000309279 STILES P ET AL: "ROUTE PLANNING" voir le document en entier ---	1
A	EP 0 565 399 A (DASSAULT ELECTRONIQUE) 13 Octobre 1993 voir page 7, ligne 50 - page 9, ligne 52 ---	1
A	WO 95 19545 A (HONEYWELL INC) 20 Juillet 1995 voir abrégé; figure 1 ---	1
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		<input checked="" type="checkbox"/> 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 *&* document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  12 Août 1997		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  03.09.97
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, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  Kelperis, K

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem. Internationale No  
PCT/FR 97/00969

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Categorie *	Identification des documents cites, avec, le cas echeant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visees
A	WO 95 19547 A (HONEYWELL INC) 20 Juillet 1995 voir le document en entier ---	1
A	EP 0 381 178 A (HONEYWELL INC) 8 Août 1990 voir le document en entier ---	1
A	GB 2 176 965 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 7 Janvier 1987 voir le document en entier -----	1

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dema. Internationale No  
PCT/FR 97/00969

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0565399 A	13-10-93	FR 2689668 A	08-10-93
		AT 147869 T	15-02-97
		CA 2093546 A	08-10-93
		DE 69307377 D	27-02-97
		DE 69307377 T	03-07-97
		ES 2099391 T	16-05-97
		JP 6024393 A	01-02-94
		US 5488563 A	30-01-96
		US 5638282 A	10-06-97
-----			
WO 9519545 A	20-07-95	CA 2181458 A	20-07-95
		EP 0740773 A	06-11-96
-----			
WO 9519547 A	20-07-95	CA 2180452 A	20-07-95
		EP 0740772 A	06-11-96
		US 5631640 A	20-05-97
-----			
EP 0381178 A	08-08-90	JP 3009211 A	17-01-91
		US 5086396 A	04-02-92
-----			
GB 2176965 A	07-01-87	US 4652122 A	24-03-87
		DE 3620636 A	02-01-87
		FR 2584191 A	02-01-87
		JP 62003665 A	09-01-87
-----			