

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication : **2 854 978**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **03 13260**

⑤① Int Cl⁷ : **G 08 G 5/04 // B 64 F 1/00**

①② **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②② Date de dépôt : 12.11.03.

③③ Priorité : 14.05.03 FR 00305795.

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 19.11.04 Bulletin 04/47.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦① Demandeur(s) : **VILLIERS JACQUES — FR.**

⑦② Inventeur(s) : **VILLIERS JACQUES.**

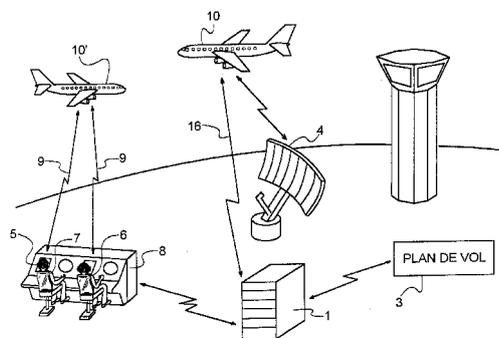
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : **PONTET ET ALLANO SARL.**

⑤④ **DISPOSITIF ET PROCEDE D'ASSISTANCE AUTOMATISEE AUX CONTROLEURS DE LA CIRCULATION AERIENNE.**

⑤⑦ Dispositif d'assistance automatisée évolutive du contrôle de la circulation aérienne, et susceptible d'évoluer vers un système entièrement automatisé, prévu pour équiper un système de contrôle de la circulation aérienne comprenant un ordinateur (1) programmé pour recevoir les informations concernant des plans de vol (3) d'avions et des Radars (4) et les élaborer pour les présenter (5) à un opérateur contrôleur (6), et pour élaborer et afficher (12) une liste, dite "Agenda Contrôleur", ordonnée dans le temps, des conflits (13).

Ce dispositif comprend des moyens pour établir et tenir à jour une liste des conflits, dite "Agenda Ordinateur" sur la base de l'ensemble des moyens d'information et de calcul dont dispose l'ordinateur, des moyens pour comparer, paire d'avions par paire d'avions, l'Agenda Contrôleur et l'Agenda Ordinateur, des moyens pour élaborer des solutions optimales aux conflits figurant dans l'Agenda Ordinateur, des moyens pour procéder à des échanges de messages entre l'ordinateur et les contrôleurs (6) par la voie des écrans (5), et des moyens pour élaborer et mettre en oeuvre des évitements des avions.



FR 2 854 978 - A1



«Dispositif et procédé d'assistance automatisée aux contrôleurs de la circulation aérienne»

La présente invention concerne un dispositif convivial et évolutif d'assistance automatisé aux contrôleurs de la circulation aérienne susceptible d'évoluer vers un système
5 entièrement automatisé. Elle vise également un procédé mis en œuvre dans ce dispositif.

Les systèmes de contrôle de la circulation aérienne ont pour fonction de prévenir les abordages et d'assurer l'écoulement sûr et efficace du trafic aérien. L'ensemble des décisions et la responsabilité de la sécurité reposent actuellement exclusivement sur les contrôleurs de la circulation aérienne.

10 Chaque équipe assure le contrôle sur une fraction déterminée de l'espace aérien, dite secteur de contrôle. Cette équipe est formée d'un contrôleur Radar et d'un assistant plus particulièrement chargé de la stratégie et de la coordination avec les secteurs adjacents.

Le rôle des ordinateurs se limite actuellement à acquérir, corréler, élaborer et
15 présenter automatiquement aux contrôleurs, sous la forme et au moment appropriés, les informations sur la position actuelle (Radar) et les intentions de vol (Plans de vol) de chaque avion pris isolément.

Les ordinateurs ne procèdent à aucun calcul de prévision des positions relatives des avions pris deux à deux et a fortiori de la probabilité d'une collision entre eux, sauf pour
20 provoquer une alarme ultime en cas de danger de collision imminente (filet de sauvegarde).

Les capacités perceptives, cognitives et mnémoniques des contrôleurs limitent la quantité et la précision des informations que, en temps réel, ils peuvent effectivement acquérir, retenir et soumettre au calcul mental, notamment pour évaluer les positions relatives actuelles et futures des avions deux à deux.

25 Du fait du flou dans lequel ils opèrent, les contrôleurs sont contraints de prendre des marges importantes dans leurs évaluations ; ils retiennent ainsi de nombreuses paires d'avions « problèmes » et procèdent à une surveillance constante de l'évolution de la situation, consommatrice de temps et d'attention, afin de s'assurer au fur et à mesure de l'écoulement du temps, qu'ils ne constituent pas des « conflits » effectifs nécessitant une
30 action d'évitement. Ils sont amenés à traiter en permanence l'ensemble du trafic comme un tout; ils élaborent à cet effet une stratégie d'ensemble et une tactique progressivement adaptée à l'évolution de la situation et de leur charge de travail.

La saturation de la capacité du système résulte ainsi de l'utilisation partielle d'une information floue entraînant à la fois une utilisation imparfaite de l'espace aérien disponible et une surcharge de travail en temps réel des contrôleurs.

Un ordinateur, supposé programmé pour tirer tout le parti de l'information et des capacités de calcul dont il dispose en vue d'effectuer à la place des contrôleurs la tâche qui leur est actuellement dévolue, ne rencontrerait aucune de ces limitations. Il serait amené à élaborer une stratégie, une tactique et des décisions radicalement différentes de celles d'un contrôleur. Cette disparité de perception et d'appréciation de la situation et de son évolution constituerait une source irréductible d'incommunicabilité et d'incompréhension entre les contrôleurs et un ordinateur ainsi programmé. De même, les contrôleurs ne disposeraient pas du temps nécessaire pour interroger un tel ordinateur au coup par coup pour enrichir ou affiner leur connaissance de la situation actuelle et de son devenir, pour tester une solution ou pour lui faire effectuer à leur demande des calculs d'optimisation.

Enfin, dans l'état actuel de l'art de la technique, un tel ordinateur ignorant la démarche cognitive des contrôleur et de leurs intentions ne serait pas en mesure de leur apporter une assistance sous la forme et au moment opportuns et risquerait au contraire de perturber d'une manière intempestive le fil de leur pensée. Une proposition d'action proposée à un moment donné par l'ordinateur n'aurait aucune chance de s'insérer harmonieusement dans la stratégie élaborée par le contrôleur concerné, dont l'ordinateur n'a pas connaissance; de telles propositions ne pourraient que lui paraître incompréhensibles ou malvenues.

Pour ces raisons, et en l'état actuel de la technique, il n'existe aucun dispositif permettant à un ordinateur d'apporter en temps réel son assistance dans l'élaboration des décisions de contrôleurs, seuls maîtres de l'organisation de leur travail, de l'élaboration de leur stratégie et seuls juges et responsables de leurs décisions et de la sécurité.

Pour des raisons évidentes, la décision et la responsabilité dans un espace donné ne peuvent être qu'uniques et ne peuvent pas être partagées entre un contrôleur et un ordinateur sous peine de donner lieu à des situations dangereuses.

Pour l'ensemble de ces raisons, toutes les tentatives pour introduire un ordinateur dans les processus de décision des contrôleurs se sont jusqu'alors soldées par des échecs. Inversement, il n'est pas envisageable d'introduire le contrôleur dans une boucle automatique dont la finalité et les processus lui échapperaient.

C'est ainsi que le système tel qu'il existe actuellement n'a pas évolué d'une manière significative depuis de nombreuses années; il en résulte qu'il ne peut toujours bénéficier

ni de toute la quantité et de toute la précision de l'information disponible, ni des capacités de calcul des ordinateurs pour la prévision, le suivi ou la résolution des conflits potentiels des avions deux à deux. La situation est ainsi bloquée en dépit du fait que le système soit doté d'ordinateurs puissants pour effectuer les seules fonctions limitées qui peuvent
5 actuellement leur être dévolues.

Pour surmonter les obstacles précités, qui s'opposent à la communicabilité entre un contrôleur et un ordinateur pour l'exercice de la fonction de contrôle proprement dite, on pourrait songer à procéder directement à une automatisation intégrale du système. Une telle éventualité radicale pourrait être rendue théoriquement envisageable du fait qu'il
10 devient possible d'équiper les avions d'ordinateurs de navigation et de commande ainsi que de liaisons automatiques de données air/sol et air/air. En théorie, il serait même envisageable de songer à renoncer au contrôle centralisé au sol pour conférer cette fonction au réseau des ordinateurs de bord des avions en relation deux à deux. Une troisième voie parfois suggérée consisterait à tirer tout le parti de la précision et de la
15 souplesse de navigation des avions gérée par ordinateur pour rendre le système déterministe et donc planifiable.

Toutes ces éventualités restent cependant à l'état de débats théoriques. En effet, la réalisation effective de tels systèmes automatisés se heurterait à au moins deux obstacles infranchissables: il faudrait d'une part que tous les avions soient simultanément équipés en
20 conséquence au jour J et que, d'autre part, l'ensemble de tels dispositifs d'une extrême complexité ait pu au préalable être testé et certifié en environnement réel face à tous les aléas auxquels ils ne manqueraient pas d'être soumis.

Face à l'irréalisme d'une automatisation totale ou de la possibilité de mettre en oeuvre une coopération entre ordinateur et contrôleur, il résulte de l'état actuel de la
25 technique que, non seulement les informations et moyens actuels sont incomplètement mis à profit, mais aussi que les moyens nouveaux susceptibles de les enrichir radicalement (navigation plus précise notamment par satellites, ordinateurs de bord et liaisons de données air/sol et air/air) restent inutilisables aux fins d'améliorer le contrôle de la circulation aérienne, alors que certains avions en sont déjà équipés et que d'autres
30 pourraient l'être si un bénéfice pouvait effectivement en être tiré au profit du contrôle de la circulation aérienne.

Compte tenu de la saturation du système de contrôle de la circulation aérienne et du coût des retards qui en résulte, les compagnies aériennes seraient disposées à faire un effort

d'équipement si elles étaient assurées que l'efficacité du système pouvait en être ainsi immédiatement améliorée.

Le but de la présente invention est de surmonter tous les écueils inhérents à l'état actuel de l'art et d'ouvrir ainsi un champ nouveau à l'évolution de ce système, sans imposer
5 pour autant d'équipements nouveaux des avions, puis de lui prodiguer une efficacité croissante au fur et à mesure que ces équipements deviendront plus nombreux, en raison même de leur contribution à la sécurité et à l'efficacité du système.

Cet objectif est atteint avec un dispositif d'assistance automatisée évolutive du contrôle de la circulation aérienne prévu pour équiper un système de contrôle de la
10 circulation aérienne comprenant un ordinateur comportant :

- un programme lui permettant de recevoir les informations concernant des plans de vol d'avions et des Radars et de les élaborer pour les présenter aux contrôleurs d'un secteur de contrôle, lesdits contrôleurs disposant d'une liaison radiotéléphonique pour communiquer avec lesdits avions, et
- 15 - un programme additif prévu pour permettre au contrôleur d'élaborer et afficher une liste, dite "Agenda Contrôleur, ordonnée dans le temps, des « problèmes » tels que ledit contrôleur peut les prévoir avec les seules informations et moyens d'analyse dont il dispose.

Suivant l'invention, ce dispositif comprend :

- 20 - des moyens pour établir une liaison de données avec les ordinateurs de bord des avions, en vue de recueillir les données de vol et d'envoyer des instructions,
- des moyens pour établir et tenir à jour une liste des conflits, dite "Agenda Ordinateur" sur la base de l'ensemble des moyens d'information et de calcul dont dispose l'ordinateur,
- 25 - des moyens pour comparer, paire d'avions par paire d'avions, l'Agenda Contrôleur et l'Agenda Ordinateur, prévus pour mettre en évidence chaque disparité de prévision entre lesdits Agendas,
- des moyens pour élaborer des solutions optimales aux conflits figurant dans l'Agenda Ordinateur,
- 30 - des moyens pour procéder à des échanges de messages entre l'ordinateur et les contrôleurs par la voie des écrans, et
- des moyens pour élaborer et mettre en oeuvre des instructions en vue de l'évitement des avions; de les faire exécuter et d'en contrôler l'exécution par la voie d'une liaison automatique de données avec les ordinateurs de bord des avions.

Le dispositif selon l'invention peut en outre avantageusement comprendre des moyens pour sélectionner par comparaison de l'Agenda Contrôleur et de l'Agenda Ordinateur ceux des problèmes retenus par le contrôleur qui ne tiennent leur source qu'au manque de précision de la prévision effectuée par le contrôleur.

5 Il comprend en outre de préférence des moyens pour recueillir des informations complémentaires pour l'établissement de la liste des conflits, utilisant la liaison automatique numérique vers les ordinateurs de bord des avions.

Ce dispositif peut aussi avantageusement comprendre des moyens pour élaborer une solution optimale pour résoudre chacun des conflits de la liste. Il existe déjà des techniques d'élaboration de solution optimale dans le domaine de la gestion des conflits aériens et on peut par exemple se référer utilement au document « Optimal resolution of en route conflicts » par G. Granger, N.Durand and J.Alliot, 4th Air Traffic Management R. and D. Seminar 2001.

15 En particulier, le dispositif d'assistance selon l'invention peut comprendre en outre des moyens pour sélectionner parmi les paires d'avions de la liste celles dont le conflit peut être résolu par une modification des paramètres de vol, notamment vitesse ou taux de montée ou de descente, d'un ou des deux avion(s) concerné(s), ladite modification restant dans la limite des tolérances normales de suivi de leur plan de vol.

20 Le dispositif selon l'invention respecte sans partage toute la responsabilité et la maîtrise des décisions des contrôleurs et préserve la totale autonomie de leurs choix stratégiques et tactiques comme de l'organisation de leur travail. Il ne leur impose aucune intervention ou manipulation non volontaire susceptible de perturber le déroulement de leur activité cognitive ou mnémonique.

25 Ce dispositif a été conçu sur la base d'une connaissance approfondie de la nature et de la spécificité du travail des contrôleurs et vise à leur permettre de bénéficier de toute l'information et des moyens de calcul actuels et futurs au sol comme à bord des avions.

Il met à la disposition des contrôleurs une palette de services et d'outils auxquels ils peuvent avoir recours à leur guise, si et quand ils le souhaitent; il peut en particulier recevoir des délégations de responsabilité de leur part.

30 Ce dispositif trouvera déjà son efficacité dans l'état actuel de l'équipement des avions et tirera profit de tout nouvel équipement en s'accommodant de leur disparité et de leur mixité.

L'invention sera mieux comprise si l'on approfondit la nature effective de ce qu'on appelle "conflit" entre avions, c'est à dire la reconnaissance à un moment donné d'un risque d'occurrence potentielle d'un abordage.

Il ne s'agit pas d'une prévision par "tout ou rien", comme il l'est souvent considéré, mais d'une estimation *contingente* qui dépend de la qualité de l'information disponible (positions et vitesses) concernant les deux avions impliqués et de son traitement. C'est ainsi, par exemple dans le plan horizontal, qu'une imprécision, même faible, sur la connaissance de la vitesse sol des avions, par exemple 15 minutes à l'avance, peut transformer une déclaration de "conflit" en "non-conflit" ou inversement (la vitesse de chaque avion est de l'ordre de 800 Km/h alors que les séparations minimales à assurer lors de croisement n'est que de l'ordre de 8 km).

L'estimation "conflit" ou "non conflit" est aussi une déclaration *évolutive* au fur et à mesure que s'approche le moment de collision potentielle : plus ce moment est lointain plus cette estimation est floue. En revanche, plus ce moment est lointain plus peuvent être efficaces de faibles actions correctrices sur les vitesses.

Or, le contrôleur ne peut procéder sur l'écran Radar qu'à une appréciation grossière de la vitesse sol des avions et qu'à des calculs mentaux d'extrapolation approximatifs (il en est de même dans le plan vertical).

Il en résulte que les contrôleurs sont contraints de prendre de larges marges d'estimation, qui ont pour effet de retenir de nombreux « problèmes » dont beaucoup ne sont pas susceptibles de donner lieu à un conflit effectif ("faux conflits"), puis de procéder pour chacun d'eux à une mémorisation et à une surveillance permanentes de l'évolution de la situation, source d'une lourde charge de travail et d'attention qui contribue très significativement à leur stress et à la saturation de leur capacité mentale.

De surcroît, n'étant pas en mesure de déterminer avec précision comment agir sur la vitesse des avions, ils ne peuvent pas tirer le parti optimal de la capacité nominale de l'espace au voisinage des points de croisement des trajectoires.

Pour surmonter ces obstacles et tirer pleinement parti des capacités offertes par le traitement automatique des données, le dispositif convivial et évolutif d'assistance automatisée aux contrôleurs de la circulation aérienne, objet de la présente invention, assure l'ensemble de fonctions décrites ci-dessous.

Il apporte une série de fonctions nouvelles au système classique de contrôle de la circulation aérienne tel qu'il fonctionne classiquement dans les grands Centres de Contrôle actuellement en service; celui-ci comprend un ordinateur programmé en sorte qu'il peut

recevoir les informations concernant les Plans de vol des avions et en provenance des Radars, les élaborer, les corrélés et les présenter aux contrôleurs et assistants contrôleurs de chaque secteur de contrôle; ceux-ci disposent d'une liaison radiotéléphonique pour communiquer avec les avions.

5 Ce système pourra être avantageusement complété par un système déjà expérimenté, dit ERATO ou équivalent, qui assistera les contrôleurs pour construire et afficher sur un écran supplémentaire une liste ordonnée dans le temps des problèmes dite "Agenda Contrôleur", tels que lesdits contrôleurs peuvent les prévoir avec les seules informations et moyens d'analyse dont ils disposent. Une présentation du système ERATO
10 est fournie par le document « ERATO, une aide au contrôleur aérien », par Marcel Leroux, publié dans la revue « CONTROL, Magazine du Contrôle aérien et des Aéroports, Année 1997 ».

Le premier mérite de cette combinaison résidera dans le fait que les contrôleurs disposeront ainsi d'une visualisation matérielle des dits problèmes ordonnés dans le temps
15 selon leur moment d'occurrence éventuelle; cette visualisation constituera le reflet matérialisé de la "mémoire opérationnelle " du contrôleur, qui en est soulagée d'autant, et sera un outil particulièrement efficace de coordination au sein de l'équipe de contrôle.

Le dispositif selon l'invention tire tout le parti du fait, jusqu'alors inexploité, que l'Agenda Contrôleur constituera pour l'ordinateur une source précieuse de connaissance de
20 la représentation que se font les contrôleurs de la situation compte tenu du flou dont sont affectées leurs prévisions. Il tire aussi bénéfice du fait que les conflits tels que présentés sur l'Agenda Contrôleur sont ordonnés dans le temps et que leur ordre, contrairement à celui du tableau classique (dits "de strips") concernant chacun des avions pris isolément, n'a pas lieu d'être manipulé par les contrôleurs à l'insu de l'ordinateur-: de ce fait, les échanges
25 bilatéraux entre les ordinateurs et les contrôleurs peuvent prendre comme base l'affichage ou la désignation de la ligne concernant le problème considéré ou l'un des avions concernés .

Dans une autre version de l'invention l'Agenda ordinateur est affiché au profit du contrôleur et tient directement le rôle d'Agenda Contrôleur.

30 Le dispositif selon l'invention permet notamment de réaliser tout ou partie des fonctions suivantes:

- établissement et tenue à jour en mémoire d'une deuxième liste des conflits, dite "Agenda Ordinateur" sur la base de l'ensemble des moyens d'information et de calcul dont dispose l'ordinateur: cette liste inclut tous les conflits avant même que les avions

impliqués entrent dans le secteur de contrôle dans lequel le conflit est susceptible de se produire ;

- comparaison paire d'avions par paire d'avions de "l'Agenda Contrôleur" et de "l'Agenda Ordinateur" et mise en évidence de chaque disparité de prévision entre eux,
- 5 - recherche de ceux des problèmes de l'Agenda Contrôleur qui ne tiennent leur source qu'au manque de précision de la prévision effectuée par le contrôleur, et information de ce dernier que les dits problèmes n'ont pas, ou n'ont plus, raison d'être pris en considération. Compte tenu de l'imprécision de l'estimation effectuée par les contrôleurs, notamment lors de l'entrée d'un avion dans leur secteur, et de la faible valeur
- 10 de la séparation minimale à assurer au moment du croisement de leurs trajectoires, la proportion de ces "faux conflits" est importante. Du fait de cette fonction, les contrôleurs se trouveront ainsi déchargés de la tâche importante consistant, soit à tenir leur attention en éveil permanent pour suivre inutilement l'évolution de nombreuses situations, soit à prendre une décision anticipée pour procéder à un évitement pénalisant pour l'avion et pour
- 15 lui-même, alors qu'il ne se serait pas révélé nécessaire.

Le dispositif selon l'invention procure en outre les fonctions suivantes.

- Il recueille, grâce à la liaison automatique de données vers les ordinateurs de bord des avions qui en sont équipés, des informations complémentaires pour affiner l'établissement de l'Agenda Ordinateur. Au fur et à mesure que les avions seront équipés
- 20 d'ordinateurs de bord et de liaisons de données, la liste de "faux conflits" pourra être allongée en toute sécurité compte tenu des informations plus précises qui pourront être recueillies automatiquement. En particulier ces liaisons permettront d'accéder à une meilleure connaissance des intentions du pilote, à la "vitesse air" mais aussi grâce notamment au GPS aux "vitesses sol" et de tenir à jour la connaissance de la vitesse du
- 25 vent qui peut en être déduite grâce au passage des avions successifs.

- Le dispositif d'assistance selon l'invention adresse en tant que de besoin aux ordinateurs des avions des instructions de vol, grâce à ces mêmes liaisons de données, en vue de modifier les paramètres de vol des avions. Toutefois, en raison de l'unicité de la responsabilité dans un espace donné, il ne peut pas adresser de telles instructions sans
- 30 demande ou accord préalable du contrôleur concerné.

Il met à profit le cas très important où cette dernière règle d'unicité de commande peut être transgressée dans la limite du flou de l'information du contrôleur lequel flou résulte à la fois de la large tolérance dont la tenue des plans de vol des avions est affectée et de l'imprécision ajoutée par l'imperfection de la prévision effectuée par les contrôleurs.

Dans la limite de cette connaissance imparfaite de la part des contrôleurs, rien n'empêche le dispositif de régler finement à l'insu des contrôleurs les paramètres de vol d'un ou des deux avions concerné(s) suffisamment à l'avance pour assurer leur séparation au moment du croisement de leurs trajectoires. Cette possibilité d'action *subliminale* permet au dispositif selon l'invention d'augmenter encore significativement le nombre de "faux conflits" de l'Agenda Contrôleur. Du fait de son caractère subliminal pour les contrôleurs, ce type d'action peut s'exercer à tout moment, et donc même si le conflit à éradiquer n'est susceptible d'intervenir que dans l'espace d'un secteur situé en aval de celui où l'avion évolue à un moment donné; en disposant ainsi de plus de temps pour bénéficier de l'effet d'une modification, même minime, des paramètres de vol, cette fonction ainsi étendue contribue encore à diminuer le nombre de conflits résiduels qui devront être traités par les contrôleurs.

Une telle action *subliminale* vis-à-vis du contrôleur peut être étendue vis-à-vis du pilote. En effet, les pilotes confient très généralement la conduite effective du vol à un ordinateur (FMS) c'est-à-dire à un pilote automatique auquel il se contente de faire connaître ses intentions (suivre un plan de vol introduit dans l'ordinateur, suivre une trajectoire d'atterrissage etc...). Le pilote automatique assure alors de lui-même le suivi de ces intentions et corrige en permanence l'assiette et la trajectoire de l'avion en fonction des aléas atmosphériques rencontrés. Dans une certaine mesure, certains paramètres du plan de vol (vitesse, taux de montée ou de descente) sont fixés pour des raisons commerciales (compromis entre vitesse et consommation, par exemple.) sans raison directement liée à la sécurité du vol. Selon le dispositif de l'invention, les plans de vol déposés par le pilote avant le vol auprès des autorités de contrôle de la circulation aérienne comprendraient pour chaque type d'avion une vitesse de croisière et un taux d'évolution verticale (cette dernière étant fonction de la charge embarquée) standard ainsi que les marges autour desquelles ces paramètres peuvent être modifiées par le pilote ou par le contrôleur sans impact sur la sécurité du vol. C'est ainsi que le pilote pourra librement choisir, dans ces limites, ses conditions de vol, mais aussi que, dans ces mêmes limites, le système de contrôle pourra rechercher des modifications a priori acceptables par le pilote et donc exécutable éventuellement par le pilote automatique sans son avis préalable. Dans ces conditions les ordres subliminaux (vis-à-vis à la fois du contrôleur et du pilote) constituent du point de vue du pilote automatique de l'avion une simple contrainte, à laquelle il doit réagir, qui est de même nature que les contraintes résultant des aléas aérologiques (vents, turbulences,...).

Dans les marges ainsi définies, le dispositif réalise ainsi ce qu'on pourrait appeler un « pilote automatique de contrôle de la circulation aérienne » susceptible de minimiser automatiquement le nombre de conflits réels tout en laissant à la fois le pilote et le contrôleur libres d'élaborer ou de modifier après accord mutuel leurs intentions ou leurs instructions à l'égard des deux automatismes concernés respectivement à bord et au sol.

Le dispositif d'assistance selon l'invention établit par ailleurs la liste des conflits qui risquent de se produire en grappe (clusters) c'est-à-dire quasi-simultanément à un moment futur et propose en temps opportun aux contrôleurs des dispositions susceptibles de les prévenir; ces dispositions peuvent être proposées à un moment où un avion survole un secteur en amont de celui dans lequel un de ces conflits devrait avoir lieu. Il attire l'attention du contrôleur actuellement en charge de cet avion et lui suggère spécifiquement de mettre en oeuvre la solution proposée même si ledit contrôleur n'est pas en mesure d'en comprendre la raison et l'utilité.

Ce dispositif assure par ailleurs la surveillance permanente de l'évolution de la situation et intervient auprès des contrôleurs dans tous les cas d'aléas imprévus, voire de manquement des contrôleurs ou des pilotes. L'ordinateur détecte en particulier tout comportement d'un avion contraire aux informations dont il dispose et notamment tout comportement résultant d'une instruction de contrôle dont il n'aurait pas été informé.

Pour tous les conflits qui n'ont pas été éliminés par le jeu des fonctions précédentes, l'ordinateur affiche sous une forme appropriée (analogique ou numérique) au droit des problèmes résiduels le temps à courir avant conflit réel ainsi que la séparation prévue des vols au moment de leur croisement.

Le dispositif selon l'invention recherche une ou plusieurs solution(s) parmi un ensemble de manoeuvres-types préalablement recensées et normées : changement de vitesse ou de niveau ou de taux d'évolution verticale, évitement Radar classique, routes directes, suivi par un avion d'une courbe du chien visant avec les marges nécessaires un avion virtuel décalé de la séparation minimale de l'avion à éviter.

Lorsque les avions sont équipés en conséquence, le dispositif d'assistance selon l'invention ajoute à cette liste la délégation à des avions en conflit du soin d'assurer par leurs propres moyens leur séparation dans des conditions qu'il définit ; il s'agit dans ce dernier cas d'une décentralisation progressive au coup par coup du contrôle centralisé classique,

Par ailleurs, ce dispositif fait connaître aux contrôleurs concernés, sur l'écran de leur Agenda, qu'il tient à leur disposition de telles solutions constamment remises à jour et

le leur signale d'une manière biunivoque, par exemple par une icône spécifique, avec le conflit concerné.

Le dispositif d'assistance selon l'invention reçoit en outre par l'intermédiaire de ce même écran la demande éventuelle des contrôleurs visant à connaître la, ou les dites, solution(s) et affiche en ce cas et sur ce même écran un clavier virtuel facilitant l'entrée des modalités de mise en oeuvre du type de solution choisie; ce clavier virtuel propre à chaque fonction sélectionnée élaboré selon chaque circonstance devance les intentions probables du contrôleur en vue de lui permettre l'entrée du message par le jeu d'un très faible nombre de désignations parmi les blocs d'informations présentés.

Ce dispositif prend note de la solution choisie par les contrôleurs et que ceux-ci adressent alors par voie radiotéléphonique aux avions concernés, ou, à sa demande, il adresse directement lesdites instructions aux ordinateurs de bord des avions qui sont équipés en conséquence, puis en suit l'exécution.

Il tient à jour sur l'Agenda Contrôleur, selon des codes ergonomiquement choisis (couleur ou intensité de l'affichage, icônes, glissement latéral de ligne d'information) l'état de tous les problèmes : (faux conflits, conflits éliminés, conflits délégués par les contrôleurs à l'ordinateur, puis éventuellement par celui-ci aux avions, conflits encore à résoudre par le contrôleur).

Outre sa fonction initiale, cet Agenda devient ainsi le "tableau de bord" de la situation, c'est à dire à la fois un indicateur des conflits restant à résoudre, un indicateur des délégations déjà effectuées au profit de l'ordinateur et un support de clavier virtuel de communication adapté à la spécificité de chaque transaction entre le contrôleur et l'ordinateur.

Outre les affichages ci-dessus précisés (Radar, Agenda), le dispositif élabore sur un des écrans une présentation d'ensemble des moments d'occurrence des conflits restant à résoudre échelonnés selon un axe gradué en temps sur laquelle le contrôleur peut ajouter les moments auxquels il estime devoir vérifier l'état de chaque problème pour intervenir si nécessaire en fonction de l'évolution de la situation.

Dans une autre version de l'invention, le dispositif élabore sur un écran une image faisant apparaître chaque paire d'avions en conflit potentiel sous forme d'un point dont les coordonnées sont respectivement en abscisse le temps qui sépare le moment actuel du moment où lesdits avions auront une séparation longitudinale minimale, et en ordonnée leur distance de séparation audit moment. A ce point figuratif d'une paire d'avions est associé une étiquette donnant les indications nécessaires concernant lesdits avions, ainsi

qu'un indicateur précisant leur séparation verticale au moment de leur séparation horizontale minimale.

Toutes ces présentations sont couplées entre elles de sorte que toute désignation d'un problème par un contrôleur sur l'une d'elle fait apparaître les avions concernés sur
5 toutes les autres.

Le dispositif d'assistance selon l'invention apporte une sécurité complémentaire en cas d'incident affectant le système centralisé - et facilite ainsi une transition douce vers un système de plus en plus automatisé - par la subdélégation croissante de l'ordinateur au profit des ordinateurs de bord au fur et à mesure de l'équipement des avions à cet effet.

10 Dans les stades avancés de l'automatisation, le nombre de problèmes restant à résoudre deviendra de plus en plus faible de sorte que l'ordinateur sera en mesure de proposer au contrôleur une stratégie optimale pour en assurer la résolution puis se charger avec l'accord du contrôleur de sa mise en œuvre.

L'analyse ci-dessus d'un mode de fonctionnement du dispositif selon l'invention
15 montre que celui-ci permet effectivement de surmonter les écueils qui s'opposaient en l'état de l'art à tout progrès significatif du système. Elle montre en particulier que ce dispositif permet d'atteindre tous les objectifs d'unicité de responsabilité, de convivialité, d'efficacité et d'évolution progressive qui lui ont été assignés.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la
20 description détaillée d'un mode de mise en œuvre non limitatif, et des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 montre les éléments essentiels du dispositif d'assistance selon l'invention, dans leur environnement ;
- la figure 2 représente un exemple de réalisation du dispositif d'assistance selon
25 l'invention ;
- la figure 3 représente schématiquement un exemple d'écrans de position de contrôle implémentés dans le dispositif d'assistance selon l'invention ;
- la figure 4 constitue un schéma de représentation des informations sur l'écran de l'Agenda Contrôleur ;
- 30 - la figure 5 montre l'équipement des avions et leurs liaisons avec l'extérieur, dans une application du dispositif d'assistance selon l'invention ; et
- la figure 6 illustre une seconde version de réalisation d'un dispositif d'assistance selon l'invention, dans lequel on génère sur un écran une image faisant apparaître chaque paire d'avions en conflit potentiel sous forme d'un point dont les

- 13 -

coordonnées sont respectivement en abscisse le temps qui sépare le moment actuel du moment où ces avions auront une séparation longitudinale minimale, et en ordonnée leur distance de séparation à ce moment.

On va tout d'abord décrire, en référence aux figures précitées, un exemple de
5 réalisation d'un dispositif d'assistance selon l'invention. Ce dispositif complète un système désormais classique de contrôle de la circulation aérienne qui est composé d'un ordinateur 1 comportant des modules logiciels 2 lui permettant de recevoir des informations concernant les plans de vol des avions 3 tels que les pilotes les ont déposés avant le vol et des informations provenant des radars 4, d'interpréter ces informations, de
10 les corrélérer et de les élaborer pour les présenter sur des écrans 5 des contrôleurs 6 et assistants contrôleurs 7 de chaque secteur de contrôle 8; ceux-ci disposant d'une liaison radiotéléphonique 9 pour communiquer avec des avions 10, 10'.

Le dispositif complémentaire ERATO comporte un module logiciel additif 11 assistant les contrôleurs pour leur permettre d'établir et d'afficher sur un écran
15 supplémentaire 12 une liste ordonnée dans le temps des problèmes 13, dite "Agenda Contrôleur", de sorte que ces contrôleurs sont en mesure de les prévoir avec les seules informations et moyens d'analyse dont ils disposent. Ce dispositif complémentaire comprend en outre un logiciel et un écran complémentaire 14 pour la gestion des coordinations entre les secteurs.

20 Le dispositif 15 selon l'invention comprend, en référence à la figure 2 :

- une liaison de données 16 entre l'ordinateur et les ordinateurs de bord 17 des avions qui sont équipés à cet effet en vue d'y recueillir les données de vol et d'y adresser des instructions de contrôle,
- un module logiciel 18, 18' installé sur les ordinateurs de bord 17, 17' des avions
25 10, 10' pour leur permettre d'assurer deux à deux et par eux-mêmes la prévention de leur abordage,
- un module logiciel 19 permettant, sur la base de l'ensemble des moyens d'information et de calcul dont dispose l'ordinateur, de comparer les trajectoires prévues des avions et de rechercher tous les conflits potentiels afin d'établir et de tenir à jour une
30 liste desdits conflits, dite "Agenda Ordinateur", laquelle inclut tous les conflits avant même que les avions impliqués entrent dans le secteur de contrôle dans lequel le conflit est susceptible de se produire,

- 14 -

- un module logiciel 20 permettant de comparer paire d'avions par paire d'avions "l'Agenda Contrôleur" et "l'Agenda Ordinateur" et de mettre en évidence à chaque instant toute disparité de prévision entre eux,

5 - un module logiciel 21 permettant d'établir au sein de la liste 20 des problèmes de l'Agenda Contrôleur la liste des problèmes qui ne tiennent leur source qu'au manque de précision de la prévision effectuée par le contrôleur et qui n'ont pas lieu d'être pris en considération par les contrôleurs,

10 - un module logiciel 22 pour sélectionner parmi les paires d'avions de la liste 20 ceux des conflits susceptibles d'être résolus par une modification des paramètres de vol (vitesse ou taux de montée ou de descente) d'un ou des deux avion(s) concerné(s) qui reste dans la limite des tolérances normales de suivi de leur plan de vol et pour élaborer ces modifications et transmettre les instructions correspondantes par la liaison de données 16,

15 - un module logiciel 23 permettant de rechercher parmi les conflits de la liste 20 ceux des conflits qui risquent de se produire quasi-simultanément (clusters) au sein des différents secteurs,

- un module logiciel 24 permettant de rechercher et de tenir à jour des solutions optimales à chacun des "conflits" figurant dans "l'Agenda Ordinateur" 19 et plus particulièrement aux agrégats 23 de conflits (clusters),

20 - une liste pré-établie 25 de types normés de solutions aux conflits (profils de montée ou descente, évitement dit Radar, route directe, délégation de contrôle aux avions...),

- un module logiciel 26 permettant de procéder à des échanges de messages entre l'ordinateur et les contrôleurs 6 et assistants contrôleurs 7 par la voie des écrans 5, 12 et 14,

25 - un module logiciel 27 pour élaborer et pour afficher, en tant que de besoin, sur les Agendas Contrôleur les différents types de fonctions propres au dispositif selon l'invention qui sont offertes par l'ordinateur et concernent chacun de ces conflits, lesquels types de fonction sont associés d'une manière biunivoque à la ligne concernant ce conflit sous forme d'icônes 28, de couleur, de signes ou de déplacement latéral des information,

30 - un module logiciel 29 pour permettre d'interpréter les manoeuvres de désignation par le contrôleur de tel ou tel bloc d'information tel qu'affiché sur leurs écrans par l'ordinateur,

- un module logiciel 30 permettant de faire apparaître sur les écrans des Agendas Contrôleurs 12 un clavier 31 adapté au message que le contrôleur est susceptible d'adresser à l'ordinateur à la suite de la désignation par celui-ci d'un des types de fonctions 25. Il est à

noter que le clavier 31 peut être de type virtuel et reconfigurable en fonction des situations traitées.

Ainsi complété par le dispositif selon l'invention, le système de contrôle est en mesure de tirer profit de toutes les informations disponibles, notamment celles qu'il peut acquérir par les liaisons de données 16 avec les avions qui en sont équipés.

Ce dispositif d'assistance selon l'invention est en mesure de fournir à tout moment aux contrôleurs un large éventail de services en fonction des circonstances et de leurs désirs sans nécessiter de leur part une attention ou des manoeuvres pesantes ou susceptibles d'interférer avec le libre déroulement de leur pensée et de l'organisation de leur travail.

Parmi ces services, figurent notamment, en référence aux figures précitées et notamment à la figure 3:

- l'affichage sur des écrans 12.1, 12.2, en relation avec le problème-concerné d'un signal caractéristique faisant connaître selon les listes 13.1, 13.2 établies par les modules logiciels 21 et 22 que ce problème n'a pas lieu d'être pris en considération par le contrôleur, suivi de la désignation par le contrôleur du dit signal faisant connaître qu'il en a pris connaissance, déléguant ainsi au dispositif la responsabilité, de surveiller l'évolution de la situation et de prendre les mesures nécessaires.

- la transmission automatique sans coordination préalable avec les contrôleurs par la liaison de donnée 16 aux avions qui en disposent d'une instruction de modification des paramètres de vol entrant dans les tolérances normales affectant les plans de vol, suivie de l'affichage comme ci-dessus que le conflit n'a plus de raison d'être,

- l'affichage sur les écrans 12.1, 12.2, en relation avec le conflit concerné d'un signal caractéristique faisant connaître que l'ordinateur tient à la disposition du contrôleur différents types de solutions normées choisies parmi la liste 25 et élaborés selon la liste élaborée par le module logiciel 25. Parmi les offres de service possibles figurent notamment, si les avions sont équipés de la liaison de données 16, la délégation de responsabilité à l'ordinateur d'adresser lui-même les instructions aux avions conformément à la solution choisie par le contrôleur et en suivre l'exécution. Si les avions ne sont pas équipés de la liaison 16, le contrôleur peut prendre connaissance de cette solution, adresser lui-même les instructions aux avions par la liaison radiotéléphonique 9 et confirmer à l'ordinateur par désignation de cette solution la disposition qu'il a prise ; le contrôleur peut de même, s'il le souhaite, choisir un type de solution par désignation du signal caractéristique et déclencher ainsi l'apparition d'un clavier 31 adapté au type de solution

désigné et lui permettant d'exprimer aisément ses intentions en vue, selon ses choix, de les faire exécuter par l'ordinateur ou de les mettre en oeuvre lui-même comme ci-dessus indiqué,

5 - l'affichage sur les écrans 14 des assistants contrôleurs 7 du secteur dans lequel les avions concernés évoluent à ce moment d'un message selon la liste établi par le module logiciel 23 lui suggérant de modifier les paramètres de vol lorsque ceux-ci dépassent la tolérance normale des plans de vol, en vue d'éviter la formation de clusters ultérieurs, suivi de l'approbation éventuelle du dit assistant contrôleur et de l'envoi par lui-même des messages tels que suggérés par l'ordinateur, ou de l'envoi automatique par la voie de la liaison de donnée 16 si les avions en sont équipés.

15 Comme l'illustre la figure 6, on peut aussi prévoir, dans une autre version du dispositif selon l'invention, une visualisation sur un écran SC d'un point P représentatif d'un conflit entre deux avions, dont les coordonnées sont respectivement en abscisse le temps qui sépare le moment actuel du moment où les avions auront une séparation longitudinale minimale, et en ordonnée leur distance de séparation audit moment. A ce point représentatif P est associé un vecteur vitesse V, tandis qu'un vecteur VS représentatif de la distance de séparation de sécurité est fourni sur l'axe vertical des distances de sécurité.

20 Cet écran inclut également une étiquette E donnant les indications et renseignements nécessaires concernant lesdits avions, ainsi qu'un indicateur I précisant leur séparation verticale au moment de leur séparation horizontale minimale.

25 Grâce à la rémanence de l'écran SC, le contrôleur dispose ainsi d'une vision dynamique de la situation et de son évolution, et plus particulièrement, d'un vecteur de déplacement du point représentatif de chaque conflit permettant d'estimer dans quelle mesure il évolue vers la zone interdite de séparation de sécurité au moment du croisement effectif, ladite zone étant représentée par le vecteur VS sur l'axe vertical partant de l'origine et égal à ladite distance de sécurité.

30 Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Dispositif d'assistance automatisée évolutive du contrôle de la circulation aérienne prévu pour équiper un système de contrôle de la circulation aérienne comprenant un ordinateur
- 5 (1) programmé pour :
- recevoir les informations concernant des plans de vol (3) d'avions (10, 10') et des Radars (4) et de les élaborer pour les présenter (5) à un opérateur contrôleur (6) d'un secteur de contrôle (8), ledit contrôleur disposant d'une liaison radiotéléphonique (9) pour communiquer avec lesdits avions (10, 10'), et
 - 10 - élaborer et afficher (12) une liste, dite « Agenda Contrôleur », ordonnée dans le temps, des conflits (13) tels que ledit contrôleur peut les prévoir avec les seules informations et moyens d'analyse dont il dispose, caractérisé en ce qu'il comprend :
 - des moyens pour établir une liaison de données (16) avec les ordinateurs de bord
 - 15 (17) des avions, en vue de recueillir les données de vol et d'envoyer des instructions,
 - des moyens (19) pour établir et tenir à jour une liste des conflits, dite "Agenda Ordinateur" sur la base de l'ensemble des moyens d'information et de calcul dont dispose l'ordinateur,
 - des moyens (20) pour comparer, paire d'avions par paire d'avions, l'Agenda
 - 20 Contrôleur et l'Agenda Ordinateur, prévus pour mettre en évidence chaque disparité de prévision lesdits Agendas,
 - des moyens (24) pour élaborer des solutions optimales aux conflits figurant dans l'Agenda Ordinateur,
 - des moyens (26) pour effectuer des échanges de messages entre l'ordinateur et les
 - 25 contrôleurs (6) par la voie des écrans (5), et
 - des moyens (24) pour élaborer et mettre en oeuvre des évitements des avions (10, 10') via ladite liaison de données (16) avec les ordinateurs de bord (17) des avions (10, 10').
- 30 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour sélectionner directement ou après comparaison de l'Agenda Contrôleur et de l'Agenda Ordinateur ceux des conflits qui ne tiennent leur source qu'au manque de précision de la prévision effectuée par le contrôleur.

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour recueillir des informations complémentaires pour l'établissement de la liste (19), utilisant la liaison automatique numérique (16) vers les ordinateurs de bord des avions (17).

5

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour sélectionner parmi les paires d'avions de la liste (19) celles dont le conflit peut être résolu par une modification des paramètres de vol, notamment vitesse ou taux de montée ou de descente, d'un ou des deux avion(s) concerné(s), ladite modification restant dans la limite des tolérances normales de suivi de leur plan de vol.

10

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour modifier automatiquement ou après accord du pilote de l'avion concerné, via la liaison numérique (16), les paramètres de vol d'un ou des avion(s) concerné(s).

15

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour modifier automatiquement ou après accord du pilote de l'avion concerné, via la liaison numérique (16), lorsqu'il en reçoit l'ordre de la part du contrôleur, les paramètres de vol d'un avion lorsque lesdites modifications font sortir la trajectoire dudit avion hors des tolérances de son plan de vol.

20

7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour déterminer parmi les conflits de la liste de l'Agenda Contrôleur (13) ceux qui n'ont plus lieu d'être et pour le notifier sur l'écran (12) du secteur en charge des avions impliqués.

25

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour établir la liste (19) pour l'ensemble du trafic, incluant tous les conflits avant même que les avions impliqués entrent dans le secteur de contrôle dans lequel le conflit est susceptible de se produire.

30

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour sélectionner dans la liste (19) les conflits particulièrement sensibles, notamment ceux qui vont donner lieu à des grappes de conflits (clusters) difficiles à résoudre, et des moyens

pour proposer la modification des paramètres de vol d'un avion sur l'écran (14) de l'assistant contrôleur (7) actuellement en charge de l'avion lorsque lesdits conflits n'interviendront que lors du survol d'un secteur ultérieur.

- 5 **10.** Dispositif selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour sélectionner dans la liste (19) les conflits particulièrement sensibles notamment ceux qui vont donner lieu à des clusters difficiles à résoudre, et des moyens pour proposer des conditions de transfert sur les écrans (14) d'assistants contrôleurs des conditions de transfert d'un avion d'un de ces secteurs au suivant
- 10
- 11.** Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour afficher sur les écrans (14) d'assistants contrôleurs des propositions de résolutions anticipées de conflits dans les cas les plus sensibles, soit pour des conflits qui n'interviendront que les secteurs suivants, soit pour les coordinations entre deux
- 15 secteurs.
- 12.** Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les divers types de messages de l'ordinateur au contrôleur sont affichés sur les écrans (12) et (14) sous forme d'icônes (28) en relation biunivoque avec la paire d'avion concernée.
- 20
- 13.** Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un clavier virtuel (31) dont l'apparition résulte de la désignation par le contrôleur d'une icône spécifique affichée sur l'écran (12), pour chaque conflit de l'Agenda Contrôleur l'affichage sur l'écran (12). pour chaque conflit de l'Agenda Contrôleur.
- 25
- 14.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour procéder, pour tout conflit délégué par le contrôleur à l'ordinateur, à une surveillance automatique de l'évolution de la paire d'avion considérée.
- 30
- 15.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour afficher sur un des écrans du contrôleur sous une forme appropriée (analogique ou numérique), au droit de l'affichage de chaque problème, le temps à courir avant le conflit réel et/ou la séparation prévue au moment du croisement.

16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour afficher, sur un des écrans du contrôleur, une présentation de l'ensemble des moments d'occurrence des conflits restant à résoudre
5 échelonnés selon un axe gradué en temps, sur laquelle le contrôleur peut ajouter les moments auxquels il estime devoir vérifier l'état de chaque problème.

17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour élaborer sur un écran (SC) une image faisant
10 apparaître chaque paire d'avions en conflit potentiel sous forme d'un point (P) dont les coordonnées sont respectivement en abscisse le temps qui sépare le moment actuel du moment où lesdits avions auront une séparation longitudinale minimale, et en ordonnée leur distance de séparation audit moment.

18. Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce qu'il est agencé pour associer au
15 point (P) figuratif d'une paire d'avions, une étiquette (E) donnant les indications nécessaires concernant lesdits avions.

19. Dispositif selon la revendication 18, caractérisé en ce qu'il est agencé pour associer en
20 outre au point figuratif d'une paire d'avions, un indicateur (I) précisant leur séparation verticale au moment de leur séparation horizontale minimale.

20. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens agencés de sorte que toute désignation par un
25 contrôleur d'un avion sur l'un quelconque des écrans fait apparaître sur tous les autres écrans ledit avion et les avions en conflit avec lui.

21. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour envoyer des instructions de contrôle aux
30 ordinateurs de bord (17) des avions équipés, et des moyens pour recevoir de ceux-ci des informations sur l'exécution de ces instructions.

22. Dispositif selon la revendication 21, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour envoyer un message à deux avions en conflit lorsqu'ils sont dotés des

équipements nécessaires pour leur sous-déléguer la responsabilité d'assurer leur séparation par leurs propres moyens.

23. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est agencé
5 pour assurer le repérage automatique de tout conflit délégué de telle sorte que l'Agenda Contrôleur (12) constitue pour le contrôleur un tableau de bord permanent fournissant une liste des conflits délégués et une liste des conflits restant à résoudre.

24. Procédé d'assistance automatisée évolutive du contrôle de la circulation aérienne, mis
10 en œuvre dans un système de contrôle de la circulation aérienne comprenant un ordinateur (1) programmé pour :

- recevoir les informations concernant des plans de vol (3) d'avions et des Radars (4) et les élaborer pour les présenter (5) à un opérateur contrôleur (6) d'un secteur de contrôle (8), ledit contrôleur disposant d'une liaison
15 radiotéléphonique (9) pour communiquer avec lesdits avions (10), et
- élaborer et afficher (12) une liste, dite "Agenda Contrôleur, ordonnée dans le temps, des conflits (13) tels que ledit contrôleur peut les prévoir avec les seules informations et moyens d'analyse dont il dispose,

caractérisé en ce qu'il comprend :

- 20 - un établissement d'une liaison de données (16) avec les ordinateurs de bord (17) des avions, en vue de recueillir les données de vol et d'envoyer des instructions,
- un établissement et une actualisation d'une liste des conflits (19), dite "Agenda Ordinateur" sur la base de l'ensemble des moyens d'information et de calcul dont dispose l'ordinateur,
- 25 - une comparaison, paire d'avions par paire d'avions, de l'Agenda Contrôleur et l'Agenda Ordinateur, de façon à mettre en évidence chaque disparité de prévision lesdits Agendas,
- une élaboration de solutions optimales aux conflits figurant dans l'Agenda Ordinateur,
- 30 - une liaison entre l'ordinateur au sol et celui des avions en vue de constituer, par action subliminale vis-à-vis du contrôleur et du pilote, un « pilote automatique du contrôle de la circulation aérienne »
- des échanges de messages entre l'ordinateur et les contrôleurs (6) via des écrans (5), et

- 22 -

- une élaboration et une mise en oeuvre d'évitements des avions via ladite liaison de données (16) avec les ordinateurs de bord (17) des avions.

1/4

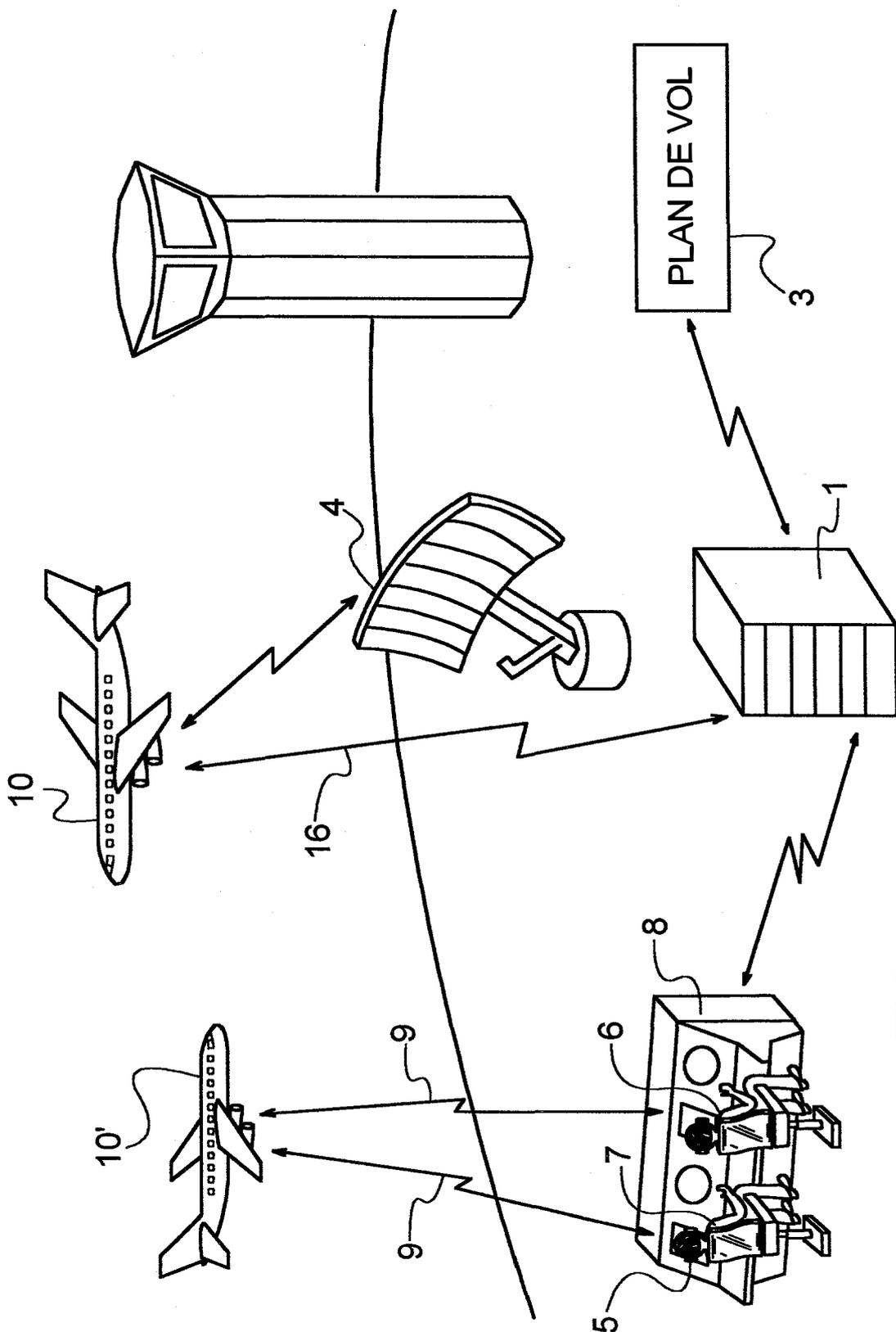
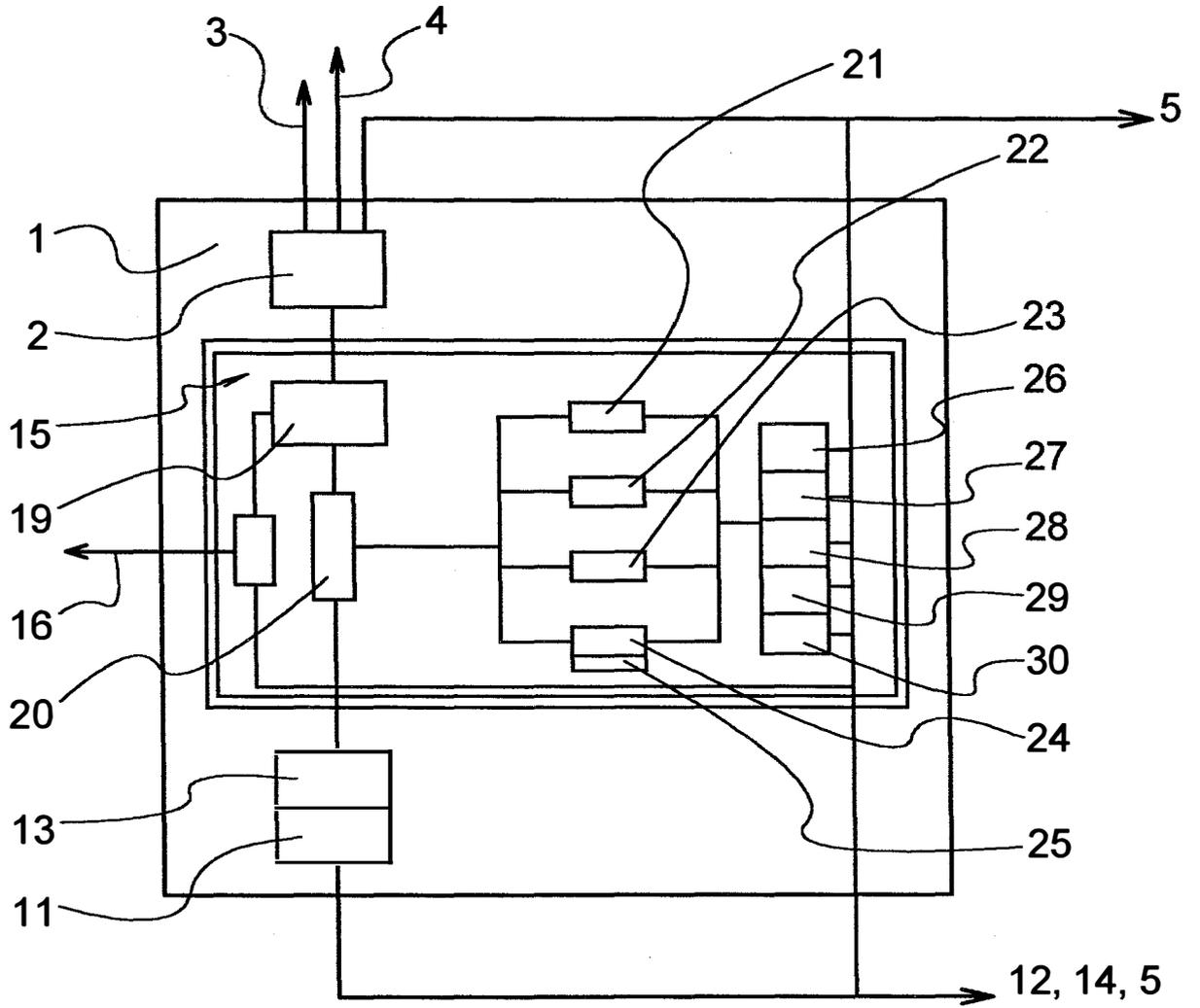


FIG.1

2/4

FIG.2

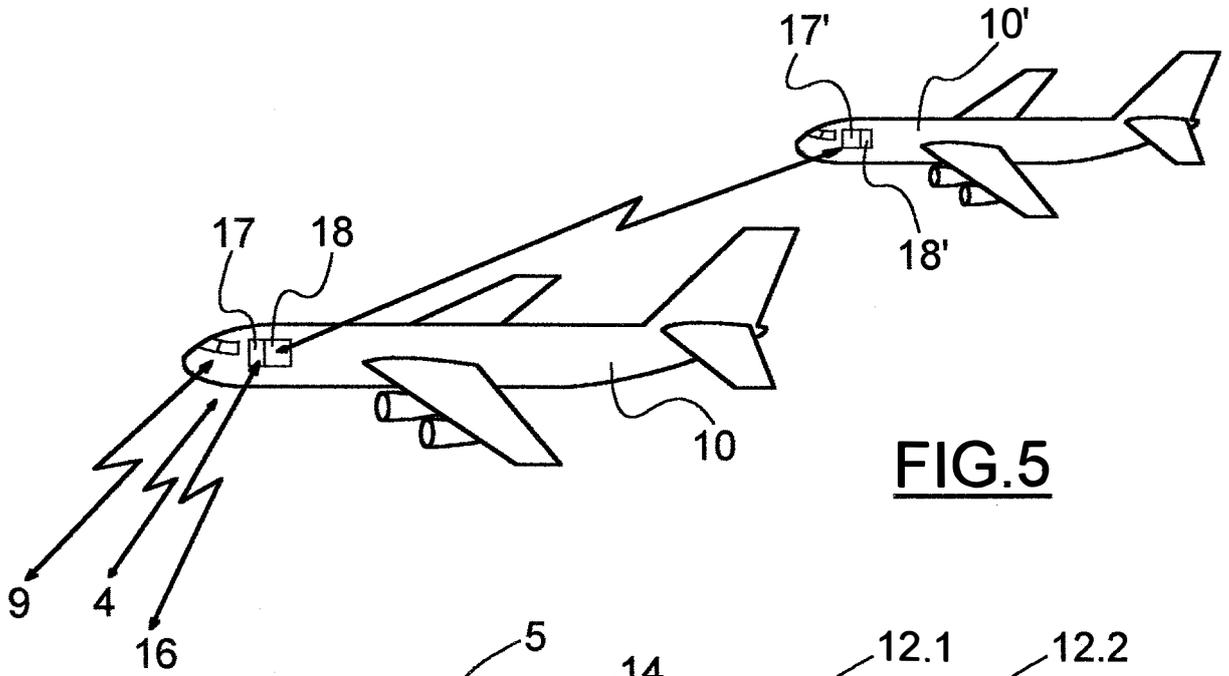


FIG. 5

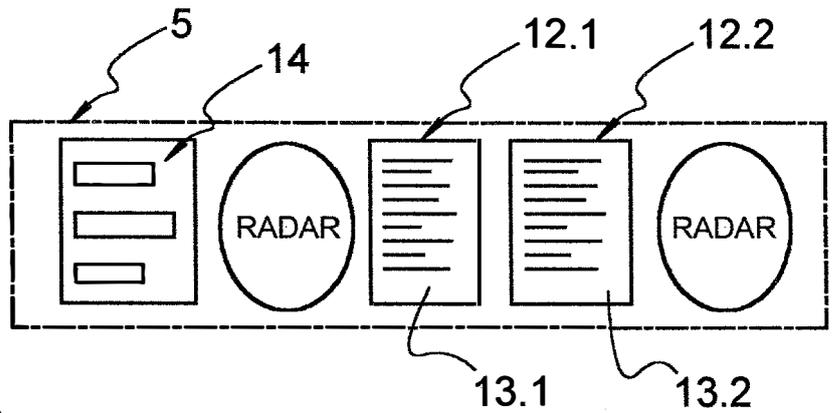


FIG. 3

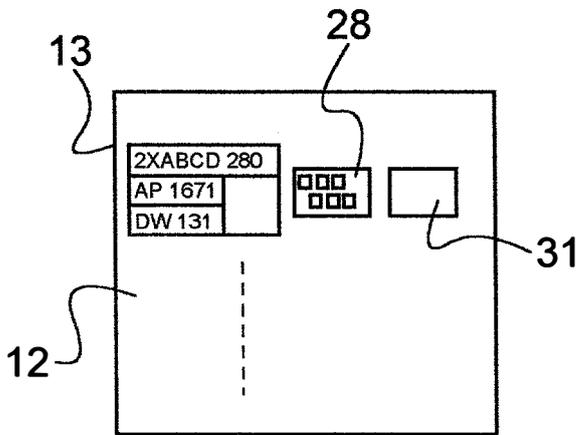
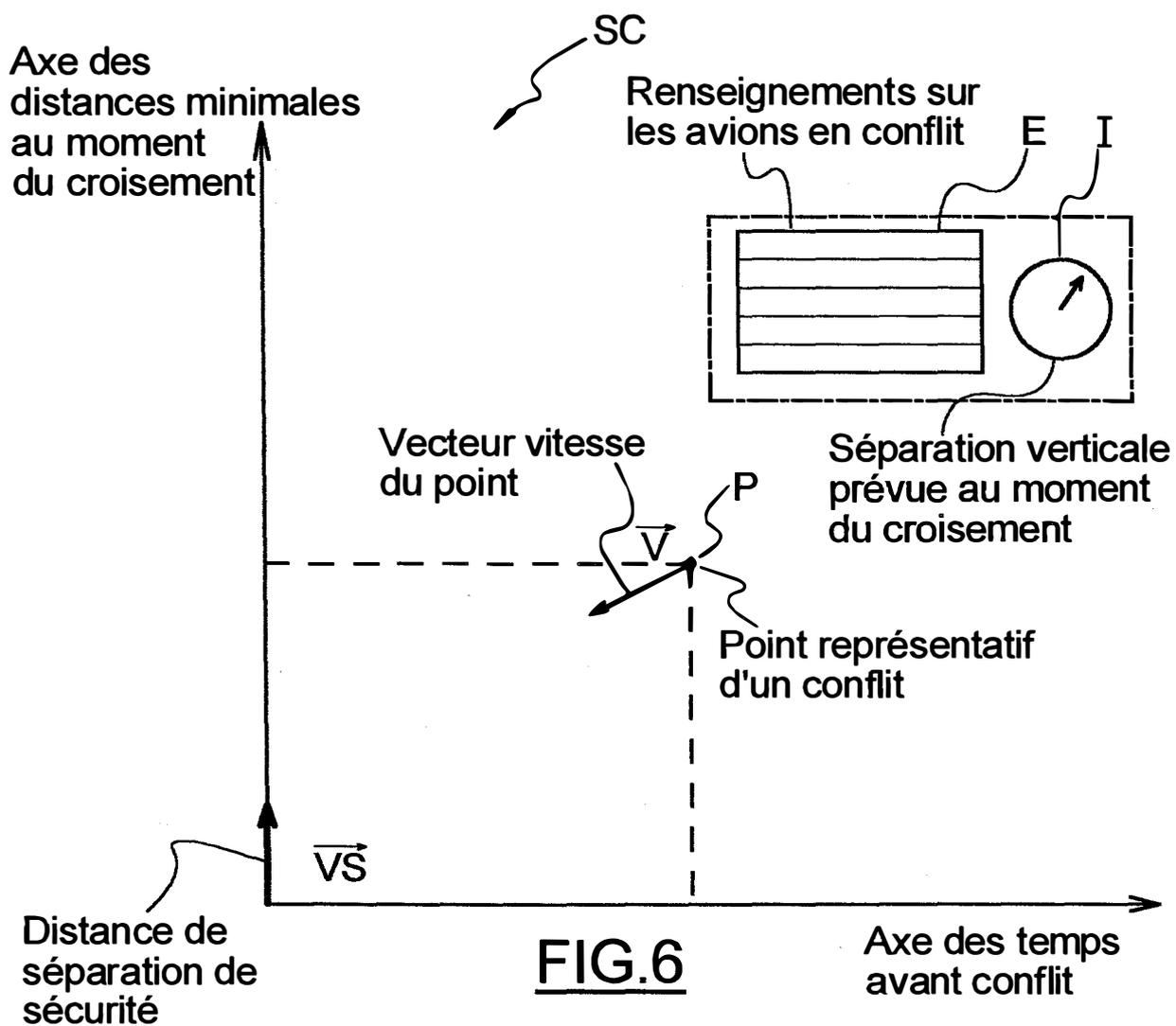


FIG. 4

4/4





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 647669
FR 0313260

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	US 6 314 362 B1 (ERZBERGER HEINZ ET AL) 6 novembre 2001 (2001-11-06) * colonne 10, ligne 38 - colonne 11, ligne 8; figures 4,5 *	1-24	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) G08G
X	US 5 961 568 A (FARAHAT AYMAN) 5 octobre 1999 (1999-10-05) * colonne 6, ligne 10 - ligne 32; figure 1 *	1,24	
A	US 6 420 993 B1 (VARON DAN) 16 juillet 2002 (2002-07-16) * colonne 5, ligne 9 - ligne 18 *	1-24	
A	US 4 839 658 A (KATHOL SHAWN ET AL) 13 juin 1989 (1989-06-13)		
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 12, 29 octobre 1999 (1999-10-29) & JP 11 203600 A (NEC CORP), 30 juillet 1999 (1999-07-30) * abrégé *		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 août 2004		Créchet, P	
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 0313260 FA 647669**

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 **11-08-2004**

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
US 6314362	B1	06-11-2001	AUCUN	

US 5961568	A	05-10-1999	EP 0960413 A1	01-12-1999
			WO 9901851 A1	14-01-1999

US 6420993	B1	16-07-2002	AT 254325 T	15-11-2003
			AU 769965 B2	12-02-2004
			AU 7069100 A	19-03-2001
			CA 2382396 A1	01-03-2001
			DE 60006550 D1	18-12-2003
			DK 1210702 T3	29-03-2004
			EP 1210702 A1	05-06-2002
			ES 2211595 T3	16-07-2004
			JP 2003507826 T	25-02-2003
			PT 1210702 T	30-04-2004
			WO 0115119 A1	01-03-2001

US 4839658	A	13-06-1989	AU 638250 B2	24-06-1993
			AU 5590990 A	20-09-1990
			AU 8073987 A	24-02-1988
			CA 1323679 C	26-10-1993
			EP 0277229 A1	10-08-1988
			KR 9104443 B1	27-06-1991
			NZ 221147 A	26-07-1995
			NZ 233797 A	26-07-1995
			NZ 233798 A	26-07-1995
			TR 23168 A	02-06-1989
			WO 8801086 A2	11-02-1988

JP 11203600	A	30-07-1999	JP 2937243 B2	23-08-1999
