

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication :

2 894 056

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

21) N° d'enregistrement national :

05 11963

51) Int Cl<sup>8</sup> : G 08 G 5/04 (2006.01), G 01 C 21/00 // B 64 D 43/00

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 25.11.05.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 01.06.07 Bulletin 07/22.

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

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : THALES Société anonyme — FR.

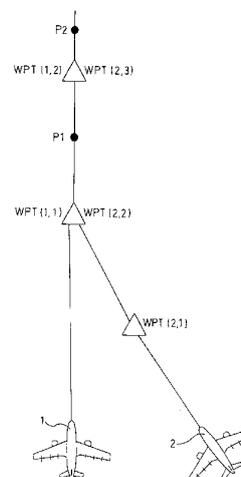
72) Inventeur(s) : COULMEAU FRANCOIS.

73) Titulaire(s) :

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

54) PROCÉDE DE GESTION DE VOL ET CONVOI.

57) L'invention concerne un procédé de gestion de vol en convoi d'au moins deux avions (1, 2), le premier (1) comportant des moyens d'émission de sa position, sa vitesse et de son plan de vol, le second (2) comportant des moyens de réception des informations émises par le premier avion (1). Selon l'invention, le second avion (2) détermine son plan de vol futur en fonction des informations reçues du premier avion (1) pour conserver une séparation (T) constante avec le premier avion (1).



FR 2 894 056 - A1



## Procédé de gestion de vol en convoi

L'invention concerne un procédé de gestion de vol en convoi. De façon générale, le vol en convoi est utilisé pour faciliter la gestion du trafic aérien notamment en phase d'approche. Plus précisément un contrôleur peut demander à plusieurs avions de se suivre avec un intervalle spécifié. Cette  
5 procédure est aujourd'hui utilisée pour deux voire trois avions. Le contrôleur n'a alors qu'un couple ou un triplet d'avion à gérer. Le contrôleur délègue aux avions la gestion de leur séparation. L'intervalle de séparation peut être exprimé en temps ou en distance.

Une première solution consiste à équiper le premier avion, dit  
10 avion leader, d'un émetteur radioélectrique diffusant un faisceau directionnel et à équiper le ou les avions suiveurs de récepteurs aptes à recevoir l'émission de l'avion leader. L'avion suiveur se cale sur le maximum d'émission de l'avion leader. Cette solution est surtout mise en œuvre dans des convois d'avions militaires. Le système d'émetteur et de récepteur est  
15 bien connu dans la littérature anglo-saxonne sous le nom de TACAN pour « TACTical Air Navigation ». Cette solution présente l'inconvénient de ne donner à l'avion suiveur que la direction suivie par l'avion leader.

Une autre solution consiste à équiper l'avion leader d'un émetteur diffusant librement sa position et à équiper le ou les avions suiveurs de  
20 récepteurs aptes à recevoir l'émission de l'avion leader. L'avion suiveur analyse en temps réel l'enchaînement de positions de l'avion leader et en déduit la trajectoire à suivre et la vitesse pour maintenir l'intervalle spécifié. Un système d'émission diffusant librement la position d'un avion est bien connu dans la littérature anglo-saxonne sous le nom de ADSB pour  
25 « Automatic Dependent Surveillance Broadcast ».

Ces deux solutions sont purement correctives et entraînent des instabilités dans l'intervalle séparant deux avions. On obtient une circulation dite en accordéon. En conséquence l'intervalle spécifié ne peut descendre en dessous d'une certaine valeur sans entraîner des risques de collision  
30 entre avions.

L'invention vise à pallier ce problème en proposant une solution basée sur un principe non seulement correctif mais également prédictif, permettant ainsi de limiter les instabilités dans les intervalles séparant les avions. En mettant en œuvre l'invention, on pourra réduire l'intervalle spécifié

et donc augmenter le trafic aérien notamment en phase d'approche. A ce jour, l'intervalle spécifié entre deux avions ne peut pas descendre en dessous de 90 s. En mettant en œuvre l'invention, l'intervalle minimum pourra être réduit à 60 s voire moins.

5           A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de gestion de vol en convoi d'au moins deux avions, le premier comportant des moyens d'émission de sa position, sa vitesse et de son plan de vol, le second comportant des moyens de réception des informations émises par le premier avion, caractérisé en ce que le second avion détermine son plan de vol futur  
10 en fonction des informations reçues du premier avion pour conserver une séparation constante avec le premier avion.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation  
15 donné à titre d'exemple, description illustrée par le dessin joint dans lequel :

La figure 1 représente un exemple de plan de vol suivi par deux avions destinés à voler en convoi.

La figure 1 représente deux avions 1 et 2 destinés à voler en convoi. L'avion 1 est désigné pour être leader. Dans le convoi l'avion 1 est  
20 suivi par l'avion 2. Il est bien entendu que l'invention n'est pas limitée à deux avions destinés à voler en convoi. L'exemple présenté ici peut être généralisé quel que soit le nombre d'avion. Un avion de rang n dans un convoi sera leader pour un avion de rang n+1 dans le même convoi.

L'avion leader 1 transmet à l'avion 2 sa position et sa vitesse. Par  
25 position, on entend les coordonnées en trois dimensions exprimées par exemple en longitude, latitude et altitude ainsi que l'heure associée. La vitesse est par exemple exprimée en vitesse latérale dont on donne l'intensité et la direction, et en vitesse verticale dont on ne donne que l'intensité.

30 L'avion 1 transmet également son plan de vol pour lequel on donne au moins un prochain point de passage WPT. Pour chaque point on donne les coordonnées du point en longitude et latitude ainsi que des prédictions quant à l'altitude, la vitesse et l'heure de passage au point de passage considéré.

## 3

Les moyens d'émission des informations de l'avion 1 peuvent utiliser le système ADSB aussi bien pour la position et la vitesse que pour le plan de vol. L'organisation de l'aviation civile internationale a repris une codification des trames du système ADSB défini dans la norme DO212.

5 De plus le plan de vol peut également contenir des intentions de l'avion hors de ces points de passage. Il s'agit d'évolutions latérales et verticales prévues entre les points de passage. Concernant ces intentions, l'avion 1 transmet les coordonnées géographiques où commencent et où se terminent ces évolutions, les changements de vitesse, d'altitude ou de cap  
10 prévus lors de ces évolutions ainsi que les heures de début et de fin d'évolution.

La figure 1 représente pour l'avion 1 deux points de passage WPT(1,1) et WPT(1,2) ainsi qu'une évolution intervenant entre des points P1 et P2. L'avion 1 débute un changement de vitesse au point P1 et termine ce  
15 changement au point P2. Par ailleurs, pour l'avion 2, la figure 1 représente trois points de passage WPT(2,1), WPT(2,2) et WPT(2,3). Les trajectoires des deux avions 1 et 2 deviennent communes au point WPT(1,1) dont les coordonnées géographiques sont identiques à celle du point WPT(2,2). De même, les coordonnées géographiques des points WPT(1,2) et WPT(2,3)  
20 sont identiques.

En supposant qu'une séparation en temps est requise, à bord de l'avion 2 (avion suiveur), on cherche le premier point commun entre les trajectoires des deux avions 1 et 2. Dans le cas présent, la détermination de ce point est immédiate du fait de la coïncidence entre les points WPT(1,1) et  
25 WPT(2,2). Si par exemple le point WPT(1,1) n'existe pas dans le plan de vol de l'avion 1, on pourra déterminer le point commun par interpolation entre deux autres points du plan de vol de l'avion 1.

Ensuite connaissant l'heure de passage de l'avion 1 au point WPT(1,1), l'avion 2 génère une contrainte de temps au point WPT(2,2). Cette  
30 contrainte de temps est égale à l'heure de passage prévue de l'avion 1 au point WPT(1,1) à la quelle on ajoute la séparation requise. Un calculateur de vol de l'avion 1, bien connu dans la littérature anglo-saxonne sous le nom de FMS pour « Flight Management System » régulera alors la vitesse de l'avion 2 au moyen d'un algorithme classique bien connu dans la littérature anglo-

saxonne sous le nom de RTA pour « Required Time on Arrival » afin d'arriver au point WPT(2,2) à l'heure de la contrainte de temps générée.

Pour les points de passage suivants : WPT(2,3), on procède de la même façon en générant une contrainte de temps égale à l'heure de passage de l'avion 1 au point WPT(1,2) à la quelle on ajoute la séparation requise. Puis on détermine à nouveau la vitesse de l'avion 2 afin d'arriver au point WPT(2,3) à l'heure de la contrainte de temps générée.

Avantageusement, lorsque l'avion 1 prévoit une évolution, on prévoit de modifier la vitesse de l'avion 2 afin de conserver la séparation constante. Plus précisément, on recherche l'existence d'évolutions dans le plan de vol transmis par l'avion 1. Dans un premier cas, on suppose qu'une évolution intervient complètement, c'est à dire débute et se termine, entre deux points de passage. On suppose que la vitesse de l'avion 1 est modifiée linéairement durant cette évolution. La distance séparant les deux avions doit être égale  $D1=V1/T$  avant le début  $t1$  d'évolution et doit être égale à  $D2=V2/T$  après la fin  $t2$  d'évolution.  $V1$  et  $V2$  représentent les vitesses de l'avion 1 respectivement en début et en fin d'évolution.  $T$  représente la séparation requise.  $t1$  représente l'heure de début d'évolution et  $t2$  représente l'heure de fin d'évolution. On choisit un modèle de variation  $D(t)$  linéaire de distance en fonction du temps  $t$  entre  $t1$  et  $t2$  :

$$D(t) = D1 + (D2 - D1) \times (t - t1) / (t2 - t1)$$

On fait varier la vitesse  $V$  de l'avion 2 entre  $t1$  et  $t2$  de telle sorte que

$$V(t) = D(t) / T$$

Les heures  $t1$  et  $t2$ , les vitesses  $V1$  et  $V2$  étant connues de l'avion 2 avant l'heure  $t1$ , ceci permet de prévoir l'évolution de l'avion 2 afin de respecter la séparation  $T$  entre les deux avions 1 et 2.

Dans le cas où, comme représenté sur la figure 1, un point de passage WPT(1,2) existe entre les points P1 et P2, on peut supprimer la contrainte de temps sur le point WPT(2,3).

Le plan de vol ainsi déterminé pour l'avion 2 peut être transmis à un autre avion qui devrait suivre l'avion 2 dans le convoi.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de gestion de vol en convoi d'au moins deux avions (1, 2), le premier (1) comportant des moyens d'émission de sa position, sa vitesse et de son plan de vol, le second (2) comportant des moyens de réception des informations émises par le premier avion (1), caractérisé en ce  
5 que le second avion (2) détermine son plan de vol futur en fonction des informations reçues du premier avion (1) pour conserver une séparation (T) constante avec le premier avion (1).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la  
10 séparation consiste en un temps (T) séparant les deux avions (1, 2).

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la séparation consiste en une distance séparant les deux avions (1, 2).

15 4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on enchaîne les opérations suivantes :

- on recherche le premier point commun ( $WPT(1,1)$ ,  $WPT(2,2)$ ) entre les plans de vol des deux avions (1, 2) ;
- on génère pour le second avion (2) une contrainte de temps au point commun ( $WPT(2,2)$ ) lors de son passage à ce point égale à l'heure de passage prévue du premier l'avion (1) au point commun  $WPT(1,1)$  à la  
20 laquelle on ajoute la séparation requise (T) ;
- on détermine la vitesse du second avion (2) pour arriver au point commun à l'heure de la contrainte de temps générée.

25 5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que pour les points de passage commun suivants ( $WPT(1,2)$ ,  $WPT(2,3)$ ), on génère une contrainte de temps égale à l'heure de passage du premier l'avion (1) au point considéré ( $WPT(1,2)$ ) à la quelle on ajoute la séparation requise (T) et  
30 en ce qu'on détermine à nouveau la vitesse du second l'avion (2) afin d'arriver au point considéré ( $WPT(2,3)$ ) à l'heure de la contrainte de temps générée.

**6**

6. Procédé selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que lorsque le premier avion (1) prévoit une évolution entre deux points de passages, on prévoit de modifier la vitesse du second avion (2) afin de conserver la séparation (T) constante.

5

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'émission du premier avion (1) utilise le système ADSB.

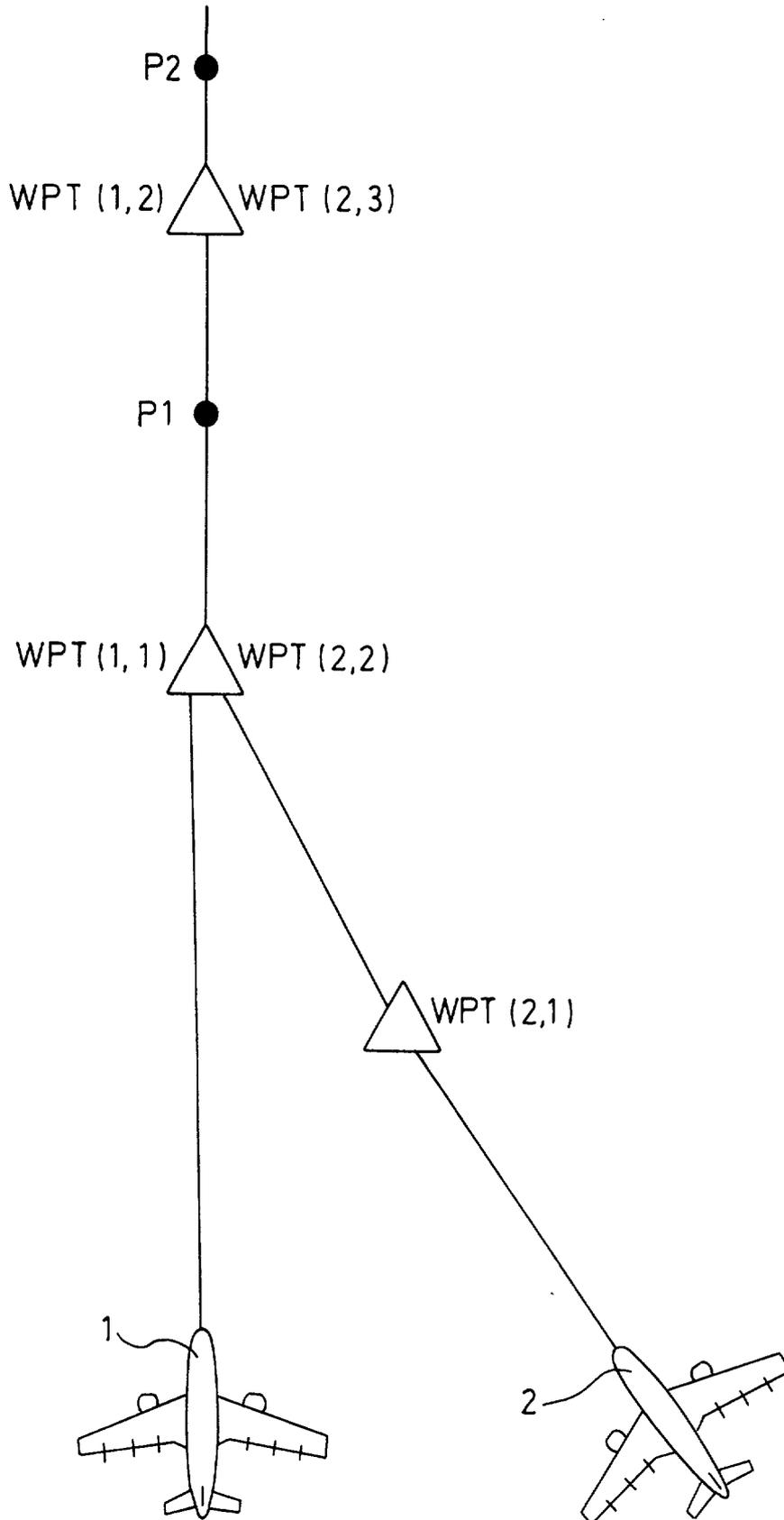


FIG.1



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 676571  
FR 0511963

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 2002/183900 A1 (SAINTHUILE GERARD) 5 décembre 2002 (2002-12-05) * alinéas [0006], [0036] * -----	1-7	G08G5/04 G01C21/00 B64D43/00
A	US 2005/165516 A1 (HAISSIG CHRISTINE M ET AL) 28 juillet 2005 (2005-07-28) * revendication 60 * -----	1-7	
A	US 6 926 233 B1 (CORCORAN, III JAMES JOHN) 9 août 2005 (2005-08-09) -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G08G
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		21 août 2006	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			

1  
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0511963 FA 676571**

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 21-08-2006

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 2002183900 A1	05-12-2002	CA 2394990 A1 EP 1330806 A1 FR 2816091 A1 WO 0235497 A1	02-05-2002 30-07-2003 03-05-2002 02-05-2002
US 2005165516 A1	28-07-2005	AUCUN	
US 6926233 B1	09-08-2005	US 2005230563 A1	20-10-2005