

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :

3 081 987

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

21 N° d'enregistrement national :

18 00565

51 Int Cl⁸ : G 01 C 21/20 (2018.01), G 01 C 23/00

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 05.06.18.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 06.12.19 Bulletin 19/49.

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 :

○ Demande(s) d'extension :

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

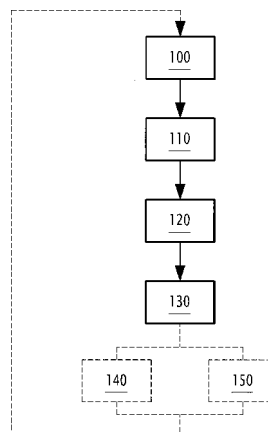
72 Inventeur(s) : HOOFD FRANCOIS et SAVARIT
VINCENT.

73 Titulaire(s) : THALES Société anonyme.

74 Mandataire(s) : CABINET LAVOIX Société par actions
simplifiée.

54 PROCÉDE DE CALCUL D'UNE TRAJECTOIRE CONTINUE D'UN AERONEF, PRODUIT PROGRAMME
D'ORDINATEUR ET SYSTEME ASSOCIES.

57 Selon le procédé, la trajectoire est construite à partir
d'un plan de vol définissant une pluralité de segments suc-
cessifs de cette trajectoire, dits legs. Le procédé comporte
une première étape (110) d'adaptation d'une distance à vo-
ler sur le leg manuel de façon sélectionnée, en fonction de
données introduites par le pilote, ou de façon automatique,
en fonction du leg suivant le leg manuel de sorte que la
contrainte de ce leg suivant puisse être respectée et une
deuxième étape (120) d'intégration dans la trajectoire d'un
point de terminaison du leg manuel en fonction de la dis-
tance à voler sur ce leg manuel et de construction d'un tron-
çon modifié de la trajectoire à partir de ce point de
terminaison.



FR 3 081 987 - A1



**Procédé de calcul d'une trajectoire continue d'un aéronef, produit programme
d'ordinateur et système associés**

La présente invention concerne un procédé de calcul d'une trajectoire continue
5 d'un aéronef.

La présente invention concerne également un produit programme d'ordinateur et
un système associés.

Plus particulièrement, la présente invention se situe dans le domaine des
systèmes de gestion du vol de type FMS (de l'anglais « *Flight Management System* ») au
10 niveau du calcul de la trajectoire dans la manière de définir une transition entre deux
éléments d'un plan de vol.

De manière connue en soi, un plan de vol est introduit par l'équipage dans le
système FMS avant chaque vol et permet de construire une trajectoire de l'aéronef lors de
ce vol. La trajectoire ainsi obtenue est composée d'une pluralité de segments successifs
15 appelés couramment « leg » dans l'état de la technique.

Ainsi, chaque leg définit au moins une contrainte qui doit être respectée lors du vol
de l'aéronef sur ce leg. Une telle contrainte peut présenter par exemple une géométrie
particulière de la trajectoire entre deux points successifs définis par le leg, et/ou des
conditions d'altitude et/ou de vitesse particulières dans au moins l'un de ces points. Les
20 différents types de legs ainsi que les règles de leur enchainement sont notamment définis
par la norme ARINC 424.

La plupart de ces legs définissent un point de début et un point de terminaison.
Par ailleurs, la contrainte ou au moins certaines des contraintes définies par un tel leg
peuvent être comprises dans l'un de ces points. Lorsque la contrainte d'au moins un de
25 ces points correspond à un point de passage fixe dans l'espace, c'est-à-dire un point fixé
géographiquement dans l'espace, le leg correspondant est dit leg fixe ou leg non-flottant.
Cela est notamment le cas du leg « TF » (« *Track to a Fix* » en anglais) définissant une
trajectoire courbée suivant la surface terrestre entre deux points fixes, connus
géographiquement.

Lorsqu'un leg ne présente aucun point fixe, le leg est dit leg flottant. Cela est par
exemple le cas du leg « CA » (« *Course to an Altitude* » en anglais) définissant une
course spécifique jusqu'une altitude spécifiée au point de terminaison. En effet, dans ce
cas, le point de terminaison du leg est atteint lorsque l'aéronef atteint l'altitude spécifiée
30 indépendamment de sa position géographique.

Au moins certains des legs peuvent être dépourvus de point de terminaison
spécifié. Dans la norme ARINC 424, il s'agit notamment du leg « FM » (« *Fix to a Manual* »)

termination » en anglais) et du leg « VM » (« Heading to a Manual termination » en anglais). Ces legs sont dits legs manuels dans la mesure où la sortie d'un tel leg est définie manuellement par le pilote lors du vol sur ce leg, à la suite par exemple d'une consigne du contrôleur aérien.

5 On conçoit alors que la présence des legs manuels dans la trajectoire de l'aéronef ne permet pas de construire une trajectoire continue de l'aéronef pour donner sa vue complète au pilote et pour par exemple calculer les prédictions nécessaires pour atteindre la destination finale de l'aéronef.

Pour pallier ce problème, l'état de la technique propose deux solutions.

10 Une première solution consiste à supposer que chaque leg manuel est toujours suivi d'un leg appelé « IF » (« Initial Fix » en anglais) défini par un unique point fixe.

Dans ce cas, tout leg flottant suivant le leg manuel est supprimé, tout leg fixe terminant par un point fixe est remplacé par un leg IF dans le point de terminaison de ce leg et tout leg fixe démarrant par un point fixe se trouve précédé par un leg IF dans le
15 point de début de ce leg.

Selon cette solution, la trajectoire affichée au pilote comporte un tronçon infini démarrant dans le point de début du leg manuel et les prédictions sont calculées à partir de la distance directe entre ce point de début et le leg IF intégré alors dans la trajectoire.

Ainsi, on conçoit que cette solution ne permet pas de construire une trajectoire
20 continue et ne donne pas de prédictions fiables au pilote. De plus, elle fait perdre au pilote au moins certains des legs flottants imposés par la procédure après les legs manuels.

Une deuxième solution consiste à calculer par le système FMS une trajectoire continue en prenant en compte une distance forfaitaire et non-modifiable du vol sur le leg manuel correspondant.

25 Toutefois, dans ce cas, le pilote est dépendant du choix du système qui a peu de chances de représenter la trajectoire réellement souhaitée par le pilote et/ou imposée par le contrôleur aérien.

La présente invention a pour objectif de permettre la construction d'une trajectoire continue avec des prédictions réelles tout en conservant l'intégralité des legs imposés par
30 la procédure et en permettant au pilote d'influer sur des paramètres de cette trajectoire.

À cet effet, l'invention a pour objet un procédé de calcul d'une trajectoire continue d'un aéronef piloté par un pilote, la trajectoire étant construite à partir d'un plan de vol définissant une pluralité de segments successifs de cette trajectoire, dits legs ;

chaque leg définissant au moins une contrainte à respecter par l'aéronef lors du
35 vol sur ce leg ;

au moins certains des legs définissant en outre un point de terminaison ;

au moins un des legs, dit leg manuel, étant dépourvu de point de terminaison ;
le procédé comportant :

- une première étape d'adaptation d'une distance à voler sur le leg manuel de façon sélectionnée, en fonction de données introduites par le pilote, ou de façon automatique, en fonction du leg suivant le leg manuel de sorte que la contrainte de ce leg
5 suivant puisse être respectée ;

- une deuxième étape d'intégration dans la trajectoire d'un point de terminaison du leg manuel en fonction de la distance à voler sur ce leg manuel et de construction d'un tronçon modifié de la trajectoire à partir de ce point de terminaison.

10 Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, le procédé comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- les données introduites par le pilote comprennent une distance à voler sur le leg manuel, ou un temps et de préférence, une vitesse de vol sur ce leg ;

15 - au moins un des legs, dit leg non-flottant, définit un point fixe de l'espace ;
- lorsque le leg suivant le leg manuel est un leg non-flottant, la distance à voler sur le leg manuel est adaptée en outre en fonction d'un paramètre de raccordement définissant le type de raccordement de la trajectoire de l'aéronef avec le leg suivant, le type de raccordement étant choisi entre un type aligné et un type non-aligné ;

20 - les données introduites par le pilote comprennent en outre le paramètre de raccordement ;

- lorsque la distance à voler sur le leg manuel est adaptée de façon automatique, le paramètre de raccordement correspond au type aligné ;

25 - une troisième étape d'affichage de la trajectoire de l'aéronef, le tronçon modifié de la trajectoire étant affiché avec une symbologie spécifique ;

- une étape de lancement manuel par le pilote d'une nouvelle itération du procédé lors du vol de l'aéronef à partir de sa position courante. ;

30 - une étape de lancement automatique d'une nouvelle itération du procédé lors du vol de l'aéronef à partir de sa position courante, lorsque l'aéronef dépasse le point de terminaison déterminé lors de la deuxième étape en poursuivant le vol sur le leg manuel.

L'invention a également pour objet un produit programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsque mises en œuvre par un équipement informatique, mettent en œuvre le procédé tel que défini précédemment.

35 L'invention a également pour objet un système de calcul d'une trajectoire continue d'un aéronef comportant des moyens techniques mettant en œuvre le procédé tel que défini précédemment.

Ces caractéristiques et avantages de l'invention apparaitront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un système de calcul d'une trajectoire continue d'un aéronef selon l'invention ;

- la figure 2 est un organigramme d'un procédé de calcul selon l'invention, le procédé étant mis en œuvre par le système de la figure 1 et comportant notamment une première étape d'adaptation d'une distance à voler sur un leg manuel, une deuxième étape de construction d'un tronçon modifié de la trajectoire et une troisième étape d'affichage de cette trajectoire ;

- les figures 3 à 8 sont des vues schématiques illustrant la mise en œuvre de la première étape du procédé de la figure 2 ; et

- la figure 9 une vue schématique illustrant la mise en œuvre de la troisième étape du procédé de la figure 2.

Le système de calcul 10 de la figure 1 est utilisable pour calculer la trajectoire continue d'un aéronef.

Par aéronef, on comprend tout engin pilotable pour voler notamment dans l'atmosphère terrestre, tel qu'un avion, notamment un avion commercial, un hélicoptère, un drone, etc.

L'aéronef est pilotable par un pilote à partir d'un cockpit de cet aéronef ou à distance.

L'aéronef comporte notamment un système de gestion de vol, connu également comme système le terme « FMS », qui permet de construire une trajectoire de l'aéronef à partir d'un plan de vol introduit dans ce système par le pilote. Pour ce faire, le système FMS est pourvu d'une interface homme-machine permettant au pilot d'introduire des informations nécessaires dans ce système et d'obtenir une visualisation de calculs effectués par ce système, comme par exemple la trajectoire de l'aéronef.

À cet effet, l'interface homme-machine du système FMS se présente par exemple sous la forme d'un clavier adapté et d'un écran d'affichage adapté.

Dans l'exemple de réalisation de la figure 1, le système de calcul 10 est connecté au système FMS qui est alors désigné par la référence générale 12 sur cette figure 1.

Le système de calcul 10 est embarqué à bord de l'aéronef ou est distant de celui-ci. Dans ce dernier cas, ce système de calcul 10 est connecté au système FMS via des moyens de transmission de données numériques à distance, connus en soi.

En outre, le système de calcul 10 est apte à recevoir des données introduites par le pilote dans le système FMS 12 via le clavier 14 de ce système FMS 12 et à afficher des

résultats de son fonctionnement sur l'écran 15 de ce système FMS 12 ou sur tout autre écran du cockpit de l'aéronef ou encore, sur un écran distant.

Selon l'exemple de réalisation de la figure 1, le système de calcul 10 se présente sous la forme d'un calculateur comportant un module d'entrée 21, un module de traitement 22 et un module de sortie 23.

Le module d'entrée 21 est apte à alors à recevoir des données issues du système FMS 12 et à les transmettre au module de traitement 22.

Le module de traitement 22 est apte à traiter ces données comme cela sera expliqué par la suite et à transmettre un résultat de ce traitement au module de sortie 23.

10 Finalement, le module de sortie 23 est apte à transmettre ce résultat au système FMS 12 pour par exemple l'afficher sur l'écran 15.

Chacun de ces modules 21, 22, 23 se présente par exemple au moins partiellement sous la forme d'un logiciel exécuté par le calculateur formant le système 10 à l'aide notamment d'un processeur et d'une mémoire prévus à cet effet dans ce calculateur.

Selon un autre exemple de réalisation (non-illustré), le système de calcul 10 est intégré dans le système FMS 12 ou dans tout autre calculateur existant de l'aéronef ou dans un calculateur distant. Dans ce cas, les modules 21, 22, 23 se présentent au moins partiellement sous la forme de logiciels exécutables par un tel calculateur.

20 Le procédé de calcul de la trajectoire continue de l'aéronef, mis en œuvre par le système de calcul 10, sera désormais expliqué en référence à la figure 2 présentant un organigramme de ses étapes.

Initialement, la trajectoire de l'aéronef est calculée par le système FMS 12 à partir d'un plan de vol introduit par le pilote, par exemple avant le vol de l'aéronef.

25 Cette trajectoire est formée d'une pluralité de segments appelés legs.

Chaque leg est défini par exemple conformément à la norme ARINC 424.

Comme dit précédemment, chaque leg définit une ou plusieurs contraintes à respecter par l'aéronef lors du vol sur ce leg.

30 Par ailleurs, au moins certains des legs définissent un point de début et/ou un point de terminaison. La contrainte ou au moins certaines des contraintes définie(s) par chaque leg peu(ven)t être dans l'un de ces points. Une telle contrainte peut présenter par exemple une géométrie particulière de la trajectoire entre deux points successifs définis par le leg, et/ou des conditions d'altitude et/ou de vitesse particulières dans au moins l'un de ces points.

35 Lorsqu'au moins un des points d'un leg présente un point géographique fixe, le leg est dit leg fixe ou leg non-flottant. Ainsi, au moins une contrainte définie par un leg non-

flottant correspond au passage de l'aéronef par le point fixe correspondant. Dans la norme ARINC 424, il s'agit des legs AF, CF, DF, FC, FD, FM, HF, HA, HM, PI, IF, RF et TF.

5 Dans le cas contraire, le leg est dit leg flottant. Dans la norme ARINC 424, il s'agit des legs FA, CA, CD, CI, CR, VA, VD, VI, VM et VR.

Parmi ces legs, les legs FM et VM sont dépourvus de point de terminaison. Ces legs sont dits legs manuels.

10 Finalement, lorsqu'au moins une contrainte d'un leg définit une course spécifique de l'aéronef lors du vol sur ce leg, le leg est dit leg de course. On entend par course, une direction de la trajectoire de l'aéronef déterminée par rapport à une direction de référence qui présente par exemple la direction nord.

Le procédé expliqué ci-dessous est mis en œuvre pour chaque leg manuel présent dans la trajectoire calculée initialement par le système FMS 12.

15 Lors d'une étape initiale 100 du procédé, le pilote choisit la façon de la mise en œuvre de l'itération en cours du procédé entre une façon sélectionnée et une façon automatique. La façon sélectionnée signifie en particulier que le choix d'au moins certains paramètres est effectué par le pilote.

Ce choix est par exemple effectué juste après l'introduction du plan de vol dans le système FMS 12 ou lors du vol de l'aéronef.

20 Lorsque la façon sélectionnée est choisie lors de l'étape initiale 100, lors d'une première étape 110 du procédé, le module d'entrée 21 du système 10 invite le pilote à introduire, via par exemple l'interface homme-machine du système FMS 12, une distance à voler sur le leg manuel.

25 En variante, ou au choix du pilote, le module d'entrée 21 invite le pilote à introduire un temps de vol ainsi que facultativement une vitesse associée de vol sur le leg manuel. Dans ce cas, le module d'entrée 21 détermine de ces données une distance à voler sur le leg manuel.

30 Selon un exemple de réalisation avantageux de l'invention, lors de la même étape 110, le module d'entrée 21 du système 10 invite le pilote à introduire en outre un paramètre de raccordement de la trajectoire avec le leg suivant le leg manuel dans le cas où ce leg suivant est un leg non-flottant.

En particulier, le paramètre de raccordement indique le type de raccordement de la trajectoire avec ce leg suivant. Ce type est choisi entre un type aligné et un type non-aligné.

35 Le raccordement de la trajectoire avec un leg non-flottant est de type aligné lorsque la trajectoire est alignée avec la course définie par ce leg avant le point fixe défini

par ce leg dans le cas où ce leg non-flottant est également un leg de course ou dans le cas où ce leg non-flottant ne définit aucune course, lorsque la trajectoire est alignée avec la course définie par un leg de course suivant ce leg non-flottant.

5 Dans le cas contraire, le raccordement de la trajectoire avec un leg non-flottant est de type non-aligné.

À la fin de cette étape 110, le module d'entrée 21 transmet la distance à voler sur le leg manuel et éventuellement le type de raccordement avec le leg suivant, au module de traitement 22.

10 Lorsque la façon automatique est choisie lors de l'étape initiale 100, lors de la première étape 110 du procédé, le module de traitement 22 choisit automatiquement la distance à voler sur le leg manuel et le paramètre de raccordement dans le cas où le leg suivant le leg manuel est un leg non-flottant.

En particulier, lors du traitement automatique, le paramètre de raccordement est avantagement considéré de type aligné.

15 La distance à voler sur le leg manuel est choisie en fonction du leg suivant, de sorte que la ou chaque contrainte du leg suivant puisse être respectée.

20 Plus particulièrement, lorsque le leg suivant est un leg non-flottant, la distance à voler sur le leg manuel est choisie de sorte que la trajectoire de l'aéronef puisse passer par le ou chaque point fixe défini par ce leg et de sorte que le type de raccordement de la trajectoire avec le leg suivant le leg manuel puisse être respecté.

25 Pour ce faire, selon un mode de réalisation, le module de traitement 22 parcourt chaque point du leg manuel à partir du point de début de ce leg et détermine s'il existe une trajectoire élémentaire possible de l'aéronef démarrant à ce point, passant par le ou chaque point fixe défini par le leg non-flottant suivant le leg manuel et respectant le type de raccordement imposé. Lorsqu'il s'agit du type aligné, une telle trajectoire élémentaire peut être déterminée en utilisant l'une des méthodes divulguées dans le document FR 3019284.

30 Lorsqu'une trajectoire élémentaire possible est déterminée, le module de traitement 22 mémorise cette trajectoire élémentaire et détermine la distance à voler sur le leg manuel à partir du point de début du leg manuel jusqu'au point auquel démarre la trajectoire élémentaire mémorisée.

35 Les figures 3 à 5 illustrent différents cas de construction d'une telle trajectoire élémentaire pour l'ensemble des legs non-flottants de la norme ARINC 424 lorsque ce leg non-flottant est précédé par un leg manuel FM. Les illustrations pour un leg manuel VM sont sensiblement analogues.

En particulier, la figure 3 montre un exemple d'enchaînement d'un leg manuel FM et d'un leg suivant FA. En effet, comme cela est visible sur cette figure, il est toujours possible d'adapter la distance D à voler sur le leg manuel FM de telle sorte que la trajectoire de l'aéronef soit alignée avec la radiale définie par le leg FA après son passage par le point fixe défini également par le leg FA. Le même schéma peut être appliqué lorsque le leg suivant le leg manuel FM est un autre leg manuel FM.

La figure 4 montre un exemple d'enchaînement d'un leg manuel FM et d'un leg suivant CF. En effet, comme cela est visible sur cette figure, il est toujours possible d'adapter la distance D à voler sur le leg FM de telle sorte que la trajectoire de l'aéronef soit alignée avec la radiale définie par ce leg CF avant le point de terminaison défini par ce leg, avec un angle inférieur à X° , X étant une valeur ajustable. Sur la figure, la valeur X étant sensiblement égale à 90° . Le même schéma peut être appliqué lorsque le leg suivant le leg manuel FM est un leg FC ou un leg FD.

La figure 5 montre un exemple d'enchaînement d'un leg manuel FM et d'un leg suivant DF. En effet, comme cela est visible sur cette figure, il est toujours possible d'adapter la distance D à voler sur le leg FM de telle sorte que le point de terminaison défini par ce leg DF puisse être rejoint en minimisant l'angle formé par le cap d'arrivée à ce point de terminaison et la course définie par le leg suivant le leg DF (un leg TF dans l'exemple de la figure).

Il est à noter par ailleurs que l'enchaînement d'un leg FM (ou VM) est interdit, selon la norme, vers les legs non-flottants suivants : AF, HF, HA, HM, IF (uniquement dans le cas d'un leg FM), RF et TF.

Lorsque le leg suivant est un leg flottant, la distance à voler sur le leg manuel est choisie de sorte que la ou chaque contrainte de ce leg puisse être respectée. Ainsi, par exemple, lorsqu'au moins une contrainte de ce leg flottant est définie dans le point de terminaison de ce leg, la distance à voler sur le leg manuel est choisie de sorte à obtenir une terminaison nominale de ce leg suivant.

Pour ce faire, selon un exemple de réalisation, le module de traitement 22 parcourt chaque point du leg manuel à partir du point de début de ce leg et détermine s'il existe une trajectoire élémentaire construite avec le leg suivant démarrant dans ce point et respectant la ou chaque contrainte de ce leg suivant.

Lorsqu'une trajectoire élémentaire possible est déterminée, le module de traitement 22 mémorise cette trajectoire élémentaire et détermine la distance à voler sur le leg manuel à partir du point de début du leg manuel jusqu'au point auquel démarre la trajectoire élémentaire mémorisée.

Les figures 6 à 8 illustrent différents cas de construction d'une telle trajectoire élémentaire pour l'ensemble des legs flottants de la norme ARINC 424 lorsque ce leg flottant est précédé par un leg manuel FM. Les illustrations pour un leg manuel VM sont sensiblement analogues.

La figure 6 montre un exemple d'enchaînement d'un leg manuel FM et d'un leg suivant CI. En effet, comme cela est visible sur cette figure, il est toujours possible d'adapter la distance D à voler sur le leg FM de telle sorte que le leg CI intercepte nominalement le leg suivant ce leg CI (un leg CF par exemple). Le même schéma peut être appliqué lorsque le leg suivant le leg manuel FM est un leg VI.

La figure 7 montre un exemple d'enchaînement d'un leg manuel FM et d'un leg suivant CR. En effet, comme cela est visible sur cette figure, il est toujours possible d'adapter la distance D à voler sur le leg FM de telle sorte que la course définie par le leg CR intercepte la radiale définie par ce leg en permettant de construire un virage à l'arrivée. Le même schéma peut être appliqué lorsque le leg suivant le leg manuel FM est un leg VR.

La figure 8 montre un exemple d'enchaînement d'un leg manuel FM et d'un leg suivant CD. En effet, comme cela est visible sur cette figure, il est toujours possible d'adapter la distance D à voler sur le leg FM de telle sorte que la course définie par le leg CD intercepte l'arc spécifié par ce leg en permettant de construire un virage à l'arrivée. Le même schéma peut être appliqué lorsque le leg suivant le leg manuel FM est un leg VD.

Finalement, lorsque le leg suivant le leg manuel FM est un leg CA ou un leg VA ou un leg VM, le point de terminaison du leg manuel FM (et donc la distance à voler sur ce leg) peut être choisi arbitrairement. Selon un exemple de réalisation, ce point de terminaison est choisi de sorte que la distance à voler sur le leg manuel soit égale à une valeur prédéterminée.

Il est à noter par ailleurs que l'enchaînement d'un leg FM (ou VM) est interdit, selon la norme, avec les legs suivants : HA, HM et PI.

Lors d'une deuxième étape 120 du procédé, le module de traitement 22 intègre dans la trajectoire de l'aéronef le point de terminaison du leg manuel correspondant à la distance à voler sur ce leg, déterminée lors de l'étape précédente.

Puis, le module de traitement 22 construit un tronçon modifié de la trajectoire à la suite de l'intégration de ce point de terminaison.

En particulier, lorsque la distance à voler sur le leg manuel a été déterminée de façon sélectionnée et dans le cas où le leg suivant le leg manuel est un leg non-flottant, le tronçon modifié de la trajectoire raccorde le point de terminaison du leg manuel avec le

point fixe défini par le leg non-flottant tout en respectant le type de raccordement imposé par le pilote.

Lorsque la distance à voler sur le leg manuel a été déterminée de façon sélectionnée et dans le cas où le leg suivant le leg manuel est un leg flottant, le tronçon
5 modifié de la trajectoire construit la trajectoire du leg flottant depuis le point de terminaison du leg manuel avec les règles habituelles.

Dans les cas où la distance imposée ne permet pas de construire une trajectoire continue, le pilote voit une discontinuité de trajectoire et donc ajuste la longueur désirée ou alors décide de laisser le système déterminer la bonne valeur

10 Lorsque la distance à voler sur le leg manuel a été déterminée de façon automatique, le tronçon modifié de la trajectoire correspond à la trajectoire élémentaire déterminée lors de la première étape 110.

Lors d'une troisième étape 130 du procédé, le module de sortie 23 acquiert le tronçon modifié de la trajectoire par le module de traitement 22 et le transmet au système
15 FMS 12 en vue de son affichage sur l'écran 15.

Ainsi, la trajectoire affichée sur l'écran 15 comprend par exemple la trajectoire initiale calculée par le système FMS 12 et le tronçon modifié par le système de calcul 10, par exemple en superposition avec cette trajectoire initiale mais en utilisant une
20 symbologie spécifique. Cette symbologie peut par exemple correspondre à une couleur d'affichage spécifique.

Un exemple d'un tel affichage est représenté sur la figure 9.

En particulier, cette figure 9 illustre une trajectoire d'approche de l'aéronef A vers sa destination Dest, en utilisant notamment des legs FM, CI et CF.

Sur cette figure, la distance D présente la distance à voler sur le leg FM
25 déterminée lors de la première étape 110.

Par ailleurs, la partie en traits discontinus présente le tronçon modifié de la trajectoire lors de la deuxième étape 120. Le leg CI intercepte le leg suivant CF tout en restant aligné avec la course définie par ce leg CF.

Le procédé selon l'invention comprend en outre, optionnellement, une étape 140
30 de lancement manuel par le pilote d'une nouvelle itération du procédé, à partir par exemple de la position courante de l'aéronef. Cela permet de mettre à jour le tronçon modifié de la trajectoire en cas par exemple d'une modification du plan de vol ou lorsque par exemple le pilote souhaite saisir une nouvelle distance de vol sur le leg manuel et/ou un nouveau type de raccordement, pour annuler par exemple les données introduites
35 précédemment.

Le lancement manuel est effectué par le pilote à partir par exemple de l'interface homme-machine du système FMS 12.

Le procédé selon l'invention comprend en outre, optionnellement, une étape 150 de lancement automatique d'une nouvelle itération du procédé.

5 Ce lancement est effectué par le module de traitement 22 à partir de la position courante de l'aéronef, lorsque par exemple il dépasse le point de terminaison déterminé lors de la deuxième étape 120 en poursuivant le vol sur le leg manuel.

On conçoit alors que l'invention présente un certain nombre d'avantages.

10 Tout d'abord, l'invention permet de garder l'ensemble des legs flottants prévus par le plan de vol même lorsque ces legs sont précédés d'un leg manuel.

15 L'invention permet de calculer une trajectoire précise car reliant l'avion à la destination de manière claire et unique, et adaptée à la réalité du vol (via un ajustement pour tenir compte des contraintes d'altitude et de vitesse – le texte entre parenthèses est juste pour aider à la compréhension), ce qui fiabilise les prédictions et le guidage jusqu'à la destination.

Finalement, l'invention permet au pilote de contrôler la trajectoire de l'aéronef à proximité des legs manuels et de ne pas donc dépendre du choix du système.

12
REVENDEICATIONS

1.- Procédé de calcul d'une trajectoire continue d'un aéronef piloté par un pilote, la trajectoire étant construite à partir d'un plan de vol définissant une pluralité de segments successifs de cette trajectoire, dits legs ;

chaque leg définissant au moins une contrainte à respecter par l'aéronef lors du vol sur ce leg ;

au moins certains des legs définissant en outre un point de terminaison ;

au moins un des legs, dit leg manuel, étant dépourvu de point de terminaison ;

le procédé comportant :

- une première étape (110) d'adaptation d'une distance à voler sur le leg manuel de façon sélectionnée, en fonction de données introduites par le pilote, ou de façon automatique, en fonction du leg suivant le leg manuel de sorte que la contrainte de ce leg suivant puisse être respectée ;

- une deuxième étape (120) d'intégration dans la trajectoire d'un point de terminaison du leg manuel en fonction de la distance à voler sur ce leg manuel et de construction d'un tronçon modifié de la trajectoire à partir de ce point de terminaison.

2.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel les données introduites par le pilote comprennent une distance à voler sur le leg manuel, ou un temps et de préférence, une vitesse de vol sur ce leg.

3.- Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel :

- au moins un des legs, dit leg non-flottant, définit un point fixe de l'espace ;

- lorsque le leg suivant le leg manuel est un leg non-flottant, la distance à voler sur le leg manuel est adaptée en outre en fonction d'un paramètre de raccordement définissant le type de raccordement de la trajectoire de l'aéronef avec le leg suivant, le type de raccordement étant choisi entre un type aligné et un type non-aligné.

4.- Procédé selon la revendication 3, dans lequel les données introduites par le pilote comprennent en outre le paramètre de raccordement.

5.- Procédé selon la revendication 3 ou 4, dans lequel lorsque la distance à voler sur le leg manuel est adaptée de façon automatique, le paramètre de raccordement correspond au type aligné.

5 6.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une troisième étape (130) d'affichage de la trajectoire de l'aéronef, le tronçon modifié de la trajectoire étant affiché avec une symbolologie spécifique.

10 7.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une étape (140) de lancement manuel par le pilote d'une nouvelle itération du procédé lors du vol de l'aéronef à partir de sa position courante.

15 8.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une étape (150) de lancement automatique d'une nouvelle itération du procédé lors du vol de l'aéronef à partir de sa position courante, lorsque l'aéronef dépasse le point de terminaison déterminé lors de la deuxième étape (120) en poursuivant le vol sur le leg manuel.

20 9.- Produit programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsque mises en œuvre par un équipement informatique, mettent en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

10.- Système de calcul (10) d'une trajectoire continue fermée d'un aéronef comportant des moyens techniques mettant en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.

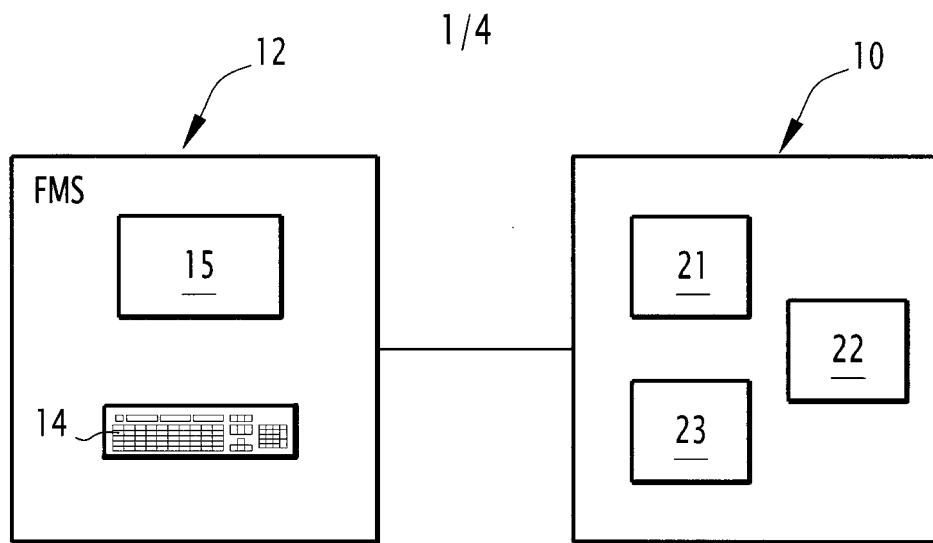
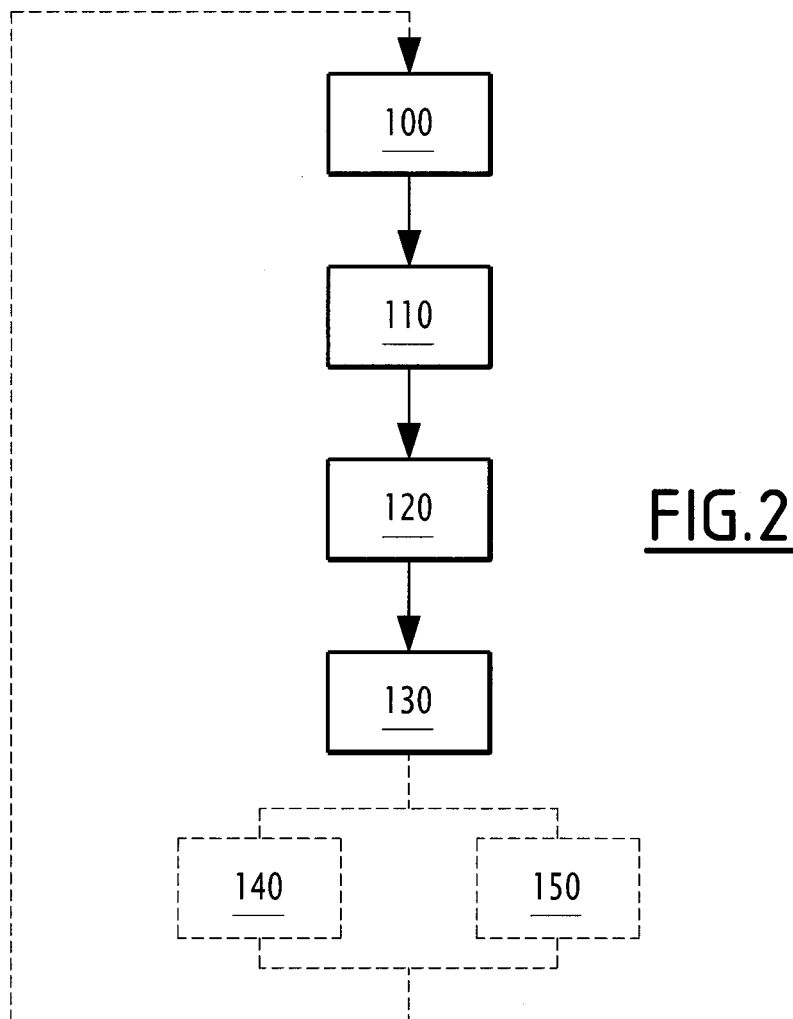


FIG.1



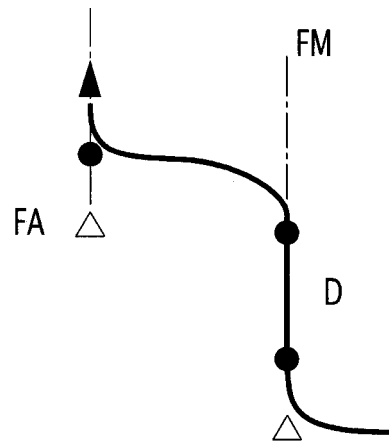


FIG.3

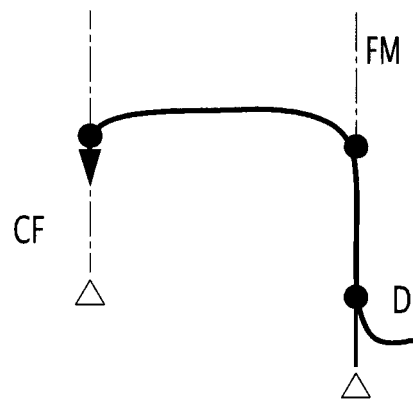


FIG.4

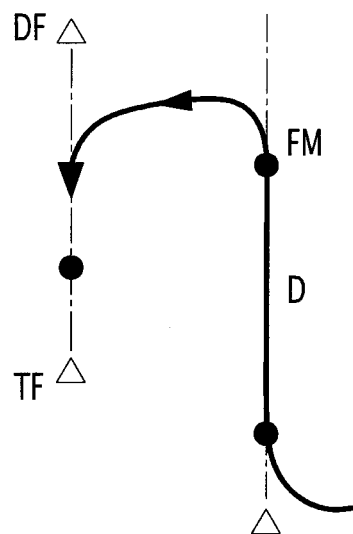


FIG.5

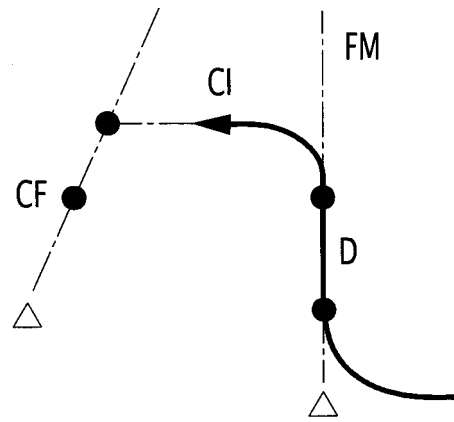


FIG.6

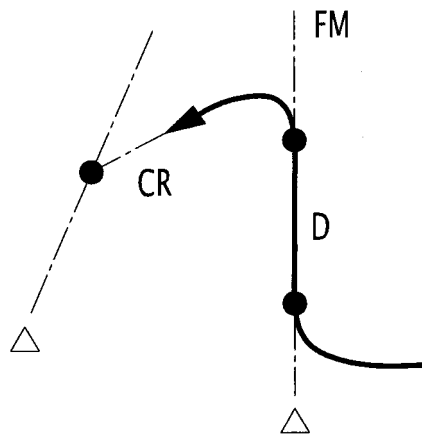


FIG.7

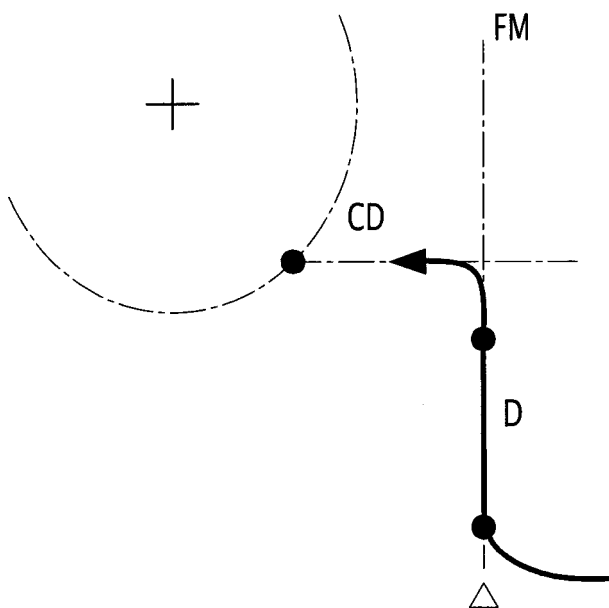
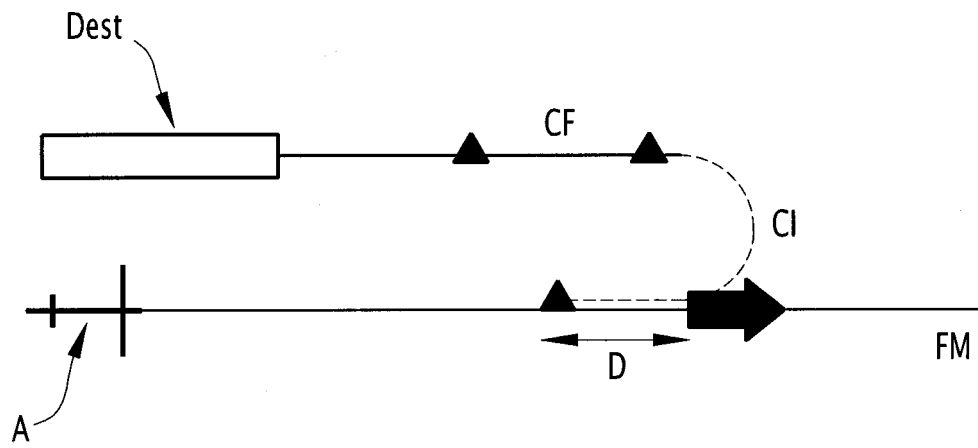


FIG.8

FIG.9

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 854880
FR 1800565

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 2003/088360 A1 (IKHLEF YANN [FR] ET AL) 8 mai 2003 (2003-05-08) * abrégé * * alinéas [0002], [0004], [0005], [0014], [0025], [0036] * -----	1-10	G01C21/20 G01C23/00
X	US 2014/032107 A1 (COURTEVILLE ROMAIN [FR] ET AL) 30 janvier 2014 (2014-01-30) * abrégé * * alinéas [0029] - [0031], [0057], [0066], [0071], [0072] * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G08G
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 février 2019		Van den Bosch, I	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
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		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	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1800565 FA 854880**

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 **19-02-2019**
 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 2003088360 A1	08-05-2003	CA 2396537 A1	12-07-2001
		EP 1250633 A2	23-10-2002
		FR 2803655 A1	13-07-2001
		US 2003088360 A1	08-05-2003
		WO 0150087 A2	12-07-2001

US 2014032107 A1	30-01-2014	FR 2993973 A1	31-01-2014
		US 2014032107 A1	30-01-2014
