

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 046 229

②1 N° d'enregistrement national : **15 02719**

⑤1 Int Cl⁸ : **G 01 C 23/00 (2017.01)**

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 29.12.15.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 30.06.17 Bulletin 17/26.

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.

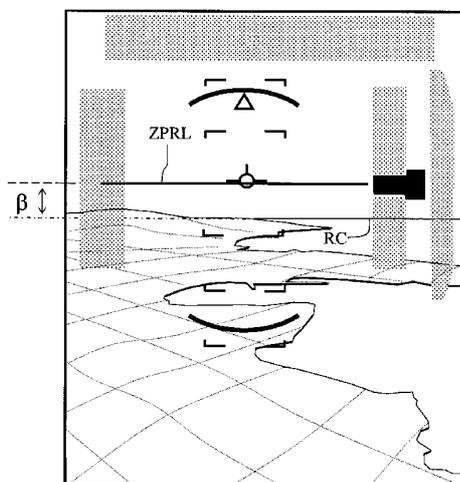
⑦2 Inventeur(s) : FRESTEL NORBERT, MONVOISIN EMMANUEL, MARIANI PIERRE et LUX JOHANNA.

⑦3 Titulaire(s) : THALES Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE Société en nom collectif.

⑤4 **PROCEDE DE REPRESENTATION GRAPHIQUE D'UNE VUE SYNTHETIQUE TRIDIMENSIONNELLE DU PAYSAGE EXTERIEUR DANS UN SYSTEME DE VISUALISATION DE BORD POUR AERONEF.**

⑤7 Le domaine général de l'invention est celui de la représentation graphique d'une vue synthétique tridimensionnelle du paysage extérieur dans un système de visualisation de bord pour aéronef (A), ladite représentation graphique étant affichée sur un écran de visualisation comportant les informations de pilotage et de navigation dudit aéronef superposées à ladite représentation synthétique tridimensionnelle du paysage extérieur, ladite représentation synthétique étant calculée jusqu'à une première distance déterminée (RSVS). Dans le procédé selon l'invention, ladite représentation synthétique tridimensionnelle est basculée d'un angle de basculement (θ) autour d'un axe (X) disposé au niveau du terrain dans un plan sensiblement horizontal et sensiblement perpendiculairement à un axe compris entre la direction de vol et le cap de l'aéronef, ledit axe se déplaçant avec l'aéronef.



FR 3 046 229 - A1



Procédé de représentation graphique d'une vue synthétique tridimensionnelle du paysage extérieur dans un système de visualisation de bord pour aéronef

5

Le domaine de l'invention est celui des interfaces homme-système pour des applications aéronautiques, et plus particulièrement celui des systèmes de visualisation synthétiques comportant des moyens d'afficher
10 une image synthétique tridimensionnelle du paysage extérieur.

Les aéronefs modernes possèdent généralement un système de vision synthétique dit « SVS », acronyme de « Synthetic Vision System ». Ce système permet de présenter à l'équipage une image synthétique du
15 paysage extérieur comportant généralement des informations sur le pilotage ou la navigation.

Un système SVS comporte une base de données cartographique représentative du terrain survolé, un système de géolocalisation, des moyens de calcul électroniques et un ou plusieurs dispositifs de visualisation
20 implantés dans le cockpit de l'aéronef. Le système de géolocalisation est du type « GPS », acronyme de « Global Positioning System ». Il peut être couplé avec le système inertiel de l'appareil. L'ensemble du système de géolocalisation fournit au moins les paramètres suivants : position de l'aéronef en latitude, longitude et altitude et orientation de l'aéronef en
25 tangage, roulis et cap.

Généralement, l'image est affichée sur les écrans de visualisation qui se trouvent en face avant de la planche de bord de l'aéronef. L'image est une vue tridimensionnelle de l'extérieur représentée de la façon la plus réaliste possible. Le point de vue affiché est dans l'axe de l'appareil. L'image
30 synthétique est calculée jusqu'à une certaine distance de l'aéronef de façon à limiter les calculs nécessaires à l'affichage. On appelle cette distance « range SVS ». Son ordre de grandeur est de 40 miles nautiques. En effet, au-delà d'une certaine distance, l'image du paysage est de faibles dimensions. Par ailleurs, elle n'a plus qu'un faible intérêt pour le pilotage de
35 l'appareil.

Cette image synthétique comporte généralement une symbologie d'aide au pilotage et à la navigation. Elle comporte classiquement un horizon artificiel donnant l'attitude de l'appareil et des indicateurs donnant l'altitude et la vitesse de l'aéronef. Cette symbologie affiche également une ligne
5 représentant l'indicateur d'assiette longitudinal nulle, encore appelé « ZPRL », acronyme anglo-saxon signifiant « Zero Pitch Reference Line ». Par abus de langage, la « ZPRL » est souvent appelé « Ligne d'horizon ».

Comme on le voit sur la figure 1 qui représente une vue en coupe verticale d'un aéronef A survolant un terrain T, la ZPRL fait avec la ligne
10 d'horizon vraie LH un premier angle α . Cette ligne fait avec la limite de la représentation cartographique RC un second angle β nécessairement supérieur au premier angle. Ces angles font généralement plusieurs degrés.

La figure 2 représente l'affichage, sur un dispositif de visualisation d'aéronef, d'une représentation cartographique du terrain survolé comportant
15 une symbologie de pilotage. Cette symbologie comporte une ZPRL. Sur cette figure, la différence entre cette ZPRL et la fin de la représentation cartographique est notable. Il a été démontré qu'un écart angulaire significatif entre le range SVS et la ZPRL est très perturbant pour les pilotes car il ne correspond pas aux ordres de grandeurs visuels habituels. Cela se produit
20 surtout en haute altitude, l'écart augmentant avec l'altitude de l'aéronef.

Par ailleurs, certaines normes aéronautiques comme la norme AC 20-167 intitulée « Airworthiness Approval of Enhanced Vision System, Synthetic Vision System, Combined Vision System, and Enhanced Flight Vision System Equipment » imposent que les informations apportées par le
25 SVS soient corrélées à la ZPRL. Par exemple, le terrain qui se trouve au-dessus de l'altitude du porteur à un instant donné doit toujours apparaître au-dessus de la ZPRL, s'il est suffisamment proche pour être dangereux.

Un moyen de résoudre ces différents problèmes est d'afficher une
30 représentation cartographique sur de plus longues distances. Le défaut de cette solution est un besoin supplémentaire important en performances de la plateforme électronique tant au niveau du processeur central que des moyens de calculs graphiques pour permettre l'affichage de l'image à la fréquence et à la qualité d'image attendues.

Le procédé de représentation cartographique selon l'invention ne présente pas ces inconvénients. Classiquement, la représentation cartographique est représentée en position conforme, c'est-à-dire qu'elle se superpose parfaitement au terrain qu'elle représente aux incertitudes de positionnement près. Dans le système de visualisation selon l'invention, la représentation cartographique est basculée de façon à rapprocher artificiellement la limite de la représentation cartographique de l'horizon vrai. Plus précisément, l'invention a pour objet un procédé de représentation graphique d'une vue synthétique tridimensionnelle du paysage extérieur dans un système de visualisation de bord pour aéronef, ladite représentation graphique étant affichée sur un écran de visualisation comportant les informations de pilotage et de navigation dudit aéronef superposées à ladite représentation synthétique tridimensionnelle du paysage extérieur, ladite représentation synthétique étant calculée jusqu'à une première distance déterminée, caractérisé en ce que ladite représentation synthétique tridimensionnelle est basculée d'un angle de basculement autour d'un axe disposé au niveau du terrain dans un plan sensiblement horizontal et sensiblement perpendiculairement à un axe compris entre la direction de vol et le cap de l'aéronef, ledit axe se déplaçant avec l'aéronef.

Avantageusement, l'axe est positionné sensiblement à la verticale de l'aéronef.

Avantageusement, l'axe est positionné en avant de l'aéronef, à une seconde distance comprise entre quelques dixièmes de miles nautiques et quarante miles nautiques.

Avantageusement, au dessous d'une différence déterminée d'altitude entre l'aéronef et le terrain survolé, l'angle de basculement est nul.

Avantageusement, la différence déterminée d'altitude entre l'aéronef et le terrain survolé vaut 7500 pieds.

Avantageusement, au dessus d'une différence déterminée d'altitude entre l'aéronef et le terrain survolé, l'angle de basculement augmente avec l'altitude.

Avantageusement, l'angle de basculement est déterminé de façon que la différence angulaire entre la limite de la représentation tridimensionnelle du paysage extérieur calculée jusqu'à la première distance déterminée et une ligne représentant l'horizon vrai soit inférieure à un degré.

Avantageusement, le dispositif de visualisation comporte une image réelle du paysage extérieur en superposition sur la vue synthétique du paysage extérieur.

Avantageusement, le dispositif de visualisation est un des écrans
5 de la planche de bord de l'aéronef.

Avantageusement, le dispositif de visualisation est un dispositif de visualisation dit « Tête Haute » comportant un élément optique superposant l'image synthétique et/ou l'image réelle sur le paysage extérieur.

10 L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre donnée à titre non limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

La figure 1 représente une vue en coupe verticale d'un aéronef survolant un terrain ;

15 La figure 2 représente l'affichage sur un dispositif de visualisation d'aéronef d'une représentation cartographique du terrain survolé comportant une symbologie de pilotage selon l'art antérieur ;

Les figures 3 et 4 représentent le principe de basculement de la représentation cartographique mis en œuvre dans le procédé selon
20 l'invention ;

La figure 5 représente une première variante du procédé précédent dans laquelle le basculement de l'axe est excentré ;

La figure 6 représente la variation de basculement de l'axe en fonction de l'altitude de l'aéronef ;

25 Les figures 7 et 8 représentent le comportement dynamique de la représentation graphique selon l'invention ;

La figure 9 représente, en fonction de l'altitude, des écarts angulaires entre la ZPRL et la ligne d'horizon vraie et entre la ZPRL et la limite de la représentation cartographique avant et après correction par le
30 procédé selon l'invention ;

La figure 10 représente l'affichage sur un dispositif de visualisation d'aéronef d'une représentation cartographique du terrain survolé comportant une symbologie de pilotage selon l'invention.

Le procédé selon l'invention est mis en œuvre dans un système de visualisation synthétique ou SVS embarqué sur aéronef. Celui-ci comporte au moins une base de données cartographique, des moyens de géolocalisation, des moyens électroniques permettant de calculer une
5 représentation des principaux paramètres de l'aéronef, un calculateur graphique et au moins un dispositif de visualisation. Les moyens de géolocalisation sont, à titre d'exemple, de type « GPS », acronyme de « Global Positioning System » couplés/hybridés ou non avec des centrales inertielle.

10 L'affichage sur l'écran du dispositif de visualisation représente une vue synthétique tridimensionnelle du terrain survolé. Cette représentation synthétique est calculée jusqu'à une première distance déterminée, appelée « range SVS ». Cette vue comporte une symbologie d'aide au pilotage et à la navigation. Elle comporte classiquement un horizon artificiel donnant
15 l'attitude de l'appareil et des indicateurs donnant l'altitude et la vitesse de l'aéronef. Elle comporte également une ligne représentant l'indicateur d'assiette longitudinal nulle, encore appelée « ZPRL ».

Ces écrans peuvent aussi afficher, à la place du SVS, une image réelle du paysage extérieur, issue d'un système dit « EVS », acronyme de «
20 Enhanced Vision System », ou afficher cette image réelle en superposition sur la vue synthétique du paysage extérieur, on parlera alors de « CVS », acronyme de « Combined Vision System ».

Le dispositif de visualisation peut être également un dispositif de visualisation dit « Tête Haute » comportant un élément optique superposant
25 l'image synthétique et/ou l'image réelle sur le paysage extérieur.

Dans le procédé de représentation graphique du terrain selon l'invention, la représentation synthétique tridimensionnelle est basculée d'un angle de basculement θ autour d'un axe X disposé au niveau du terrain dans
30 un plan sensiblement horizontal et sensiblement perpendiculairement à un axe compris entre la direction de vol et le cap de l'aéronef, ledit axe se déplaçant avec l'aéronef. Cet axe est symbolisé par une croix cerclée sur les différentes figures.

Cette fonction de basculement est illustrée sur les figures 3 et 4
35 qui représentent dans un plan de coupe vertical la représentation du terrain T

survolé par un aéronef A avant et après basculement. Le range SVS est noté RSVS sur ces figures et les suivantes. Sur ces figures, on a également représenté la limite de la représentation cartographique RC et la ligne ZPRL représentant l'indicateur d'assiette longitudinal nulle.

5 Comme on le voit sur la figure 4, cette rotation de la représentation du terrain permet de diminuer l'angle entre la ZPRL et la ligne de range SVS. On peut ainsi la rapprocher, voir la confondre avec l'horizon vrai.

10 Sur la figure 4, l'axe X est situé à la verticale de l'appareil. On peut, comme on le voit sur la figure 5, le positionner en avant de l'aéronef, à une seconde distance comprise entre quelques miles nautiques et vingt miles nautiques. Dans ce cas, le terrain situé sous l'aéronef est représenté à une altitude supérieure à son altitude réelle.

15 Au dessus d'une certaine altitude de l'aéronef, l'angle de basculement peut augmenter avec l'altitude H comme on le voit sur la figure 6.

20 Le procédé selon l'invention engendre des erreurs d'altitude sur le terrain affiché en fond de scène, c'est-à-dire que le terrain peut être vu comme étant au-dessus du porteur alors qu'il ne l'est pas en réalité comme on le voit sur la figure 7 où le terrain T' est au-dessus de la ZPRL. Cette situation n'a pas de conséquences importantes dans la mesure où certaines normes spécifient que le terrain qui se trouve au-dessus de l'altitude du porteur à un instant donné doit apparaître au-dessus de la ZPRL. Le procédé selon l'invention fait simplement apparaître plus souvent le terrain au-dessus
25 de la ZPRL qu'il ne l'est en réalité. C'est donc une solution plus prudente que l'état de l'art, et cela participe à corriger le sentiment que la visualisation SVS n'est parfois pas suffisamment alarmante. Enfin, comme on le voit sur la figure 8, cette situation ne perdure pas. Par principe, dès que l'on se rapproche de l'obstacle, l'obstacle reprend peu à peu son altitude exacte.

30 Dans le cas décrit ci-dessus, l'erreur de positionnement en fonction de l'altitude peut engendrer des erreurs angulaires importantes, supérieures au degré sur les terrains en haute altitude. La solution est alors de baser le basculement de l'axe par rapport à l'altitude du terrain la plus basse de la scène environnante. Cela implique que le moteur graphique soit
35 capable de déterminer les altitudes minimales et maximales de la scène

environnante, ce qui ne pose pas de problèmes techniques particuliers. Il faut alors mettre en place des filtres temporels et/ou spatiaux pour gérer les variations brutales de l'altitude minimale de la scène environnante. Cette solution réduit les occurrences d'erreurs d'affichage du terrain en fond de

5 scène.

Dans ce cas, l'angle de basculement dépend non pas de l'altitude de l'aéronef, mais de la différence d'altitude entre la position de l'aéronef et le terrain survolé. Ainsi, en dessous d'une différence déterminée d'altitude entre l'aéronef et le terrain survolé, l'angle de basculement peut être nul.

10 Cette distance vaut, par exemple, 7500 pieds.

A titre d'exemple, les trois courbes de la figure 9 notées C1, C2 et C3 représentent, en fonction de l'altitude,

– C1 : les écarts angulaires entre la ZPRL et la limite de la

15 représentation cartographique sans corrections ;

– C2 : les écarts angulaires entre la ZPRL et l'horizon vrai ;

– C3 : les écarts angulaires entre la ZPRL et la limite de la représentation cartographique après corrections.

L'altitude varie de 0 à 30000 pieds et l'écart angulaire avant

20 corrections peut atteindre 8 degrés à haute altitude alors qu'il est limité autour de 3 degrés après corrections. Par ailleurs, la limite de la représentation cartographique après corrections est très voisine de l'horizon vrai, ce qui est un des principaux buts recherchés.

A titre d'exemple, la figure 10 représente l'affichage sur un

25 dispositif de visualisation d'aéronef d'une représentation cartographique du terrain survolé selon le procédé selon l'invention comportant une symbologie de pilotage. On constate que l'écart angulaire entre la ZPRL et la limite de la représentation cartographique a notablement diminué par rapport à celui de

30 la figure 2 qui représente la même scène. La limite de la représentation cartographique est maintenant confondue avec la ligne d'horizon vraie.

REVENDICATIONS

5 1. Procédé de représentation graphique d'une vue synthétique
tridimensionnelle du paysage extérieur dans un système de visualisation de
bord pour aéronef (A), ladite représentation graphique étant affichée sur un
écran de visualisation comportant les informations de pilotage et/ou de
10 tridimensionnelle du paysage extérieur, ladite représentation synthétique
étant calculée jusqu'à une première distance déterminée (RSVS), caractérisé
en ce que ladite représentation synthétique tridimensionnelle est basculée
d'un angle de basculement (θ) autour d'un axe (X) disposé au niveau du
terrain dans un plan sensiblement horizontal et sensiblement
15 perpendiculairement à un axe compris entre la direction de vol et le cap de
l'aéronef, ledit axe se déplaçant avec l'aéronef.

2. Procédé de représentation graphique selon la revendication 1,
caractérisé en ce que l'axe est positionné sensiblement à la verticale de
20 l'aéronef.

3. Procédé de représentation graphique selon la revendication 1,
caractérisé en ce que l'axe est positionné en avant de l'aéronef, à une
seconde distance comprise entre quelques dixièmes de miles nautiques et
25 quarante miles nautiques.

4. Procédé de représentation graphique selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'en dessous d'une différence déterminée d'altitude entre
l'aéronef et le terrain survolé, l'angle de basculement est nul.
30

5. Procédé de représentation graphique selon la revendication 4,
caractérisé en ce que la différence déterminée d'altitude entre l'aéronef et le
terrain survolé vaut 7500 pieds.

35 6. Procédé de représentation graphique selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'au dessus d'une différence déterminée d'altitude entre

l'aéronef et le terrain survolé, l'angle de basculement augmente avec l'altitude.

5 7. Procédé de représentation graphique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'angle de basculement est déterminé de façon que la différence angulaire entre la limite de la représentation tridimensionnelle du paysage extérieur calculée jusqu'à la première distance déterminée et une ligne représentant l'horizon vrai soit inférieure à un degré.

10

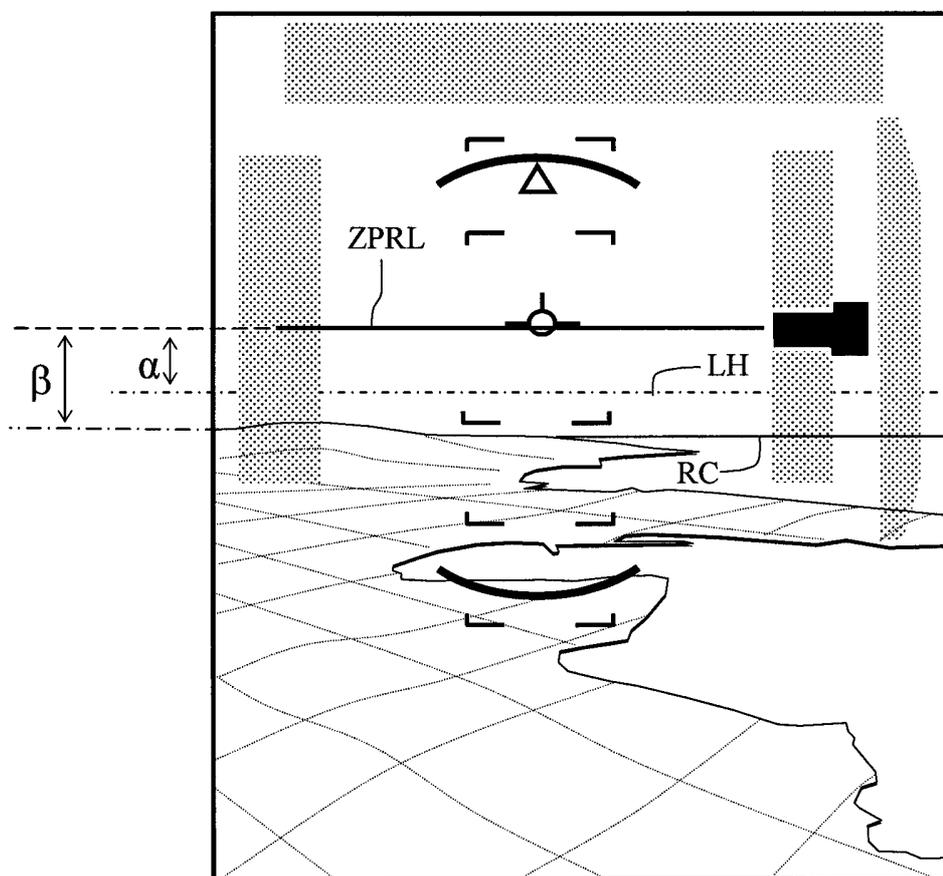
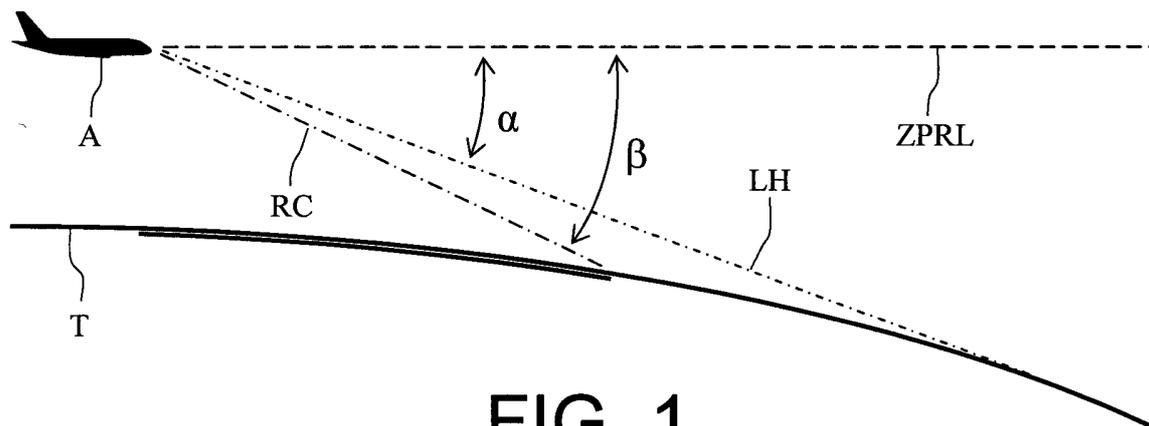
8. Procédé de représentation graphique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif de visualisation comporte une image réelle du paysage extérieur en superposition sur la vue synthétique du paysage extérieur.

15

9. Procédé de représentation graphique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif de visualisation est un des écrans de la planche de bord de l'aéronef.

20 10. Procédé de représentation graphique selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le dispositif de visualisation est un dispositif de visualisation dit « Tête Haute » comportant un élément optique superposant l'image synthétique et/ou l'image réelle sur le paysage extérieur.

25



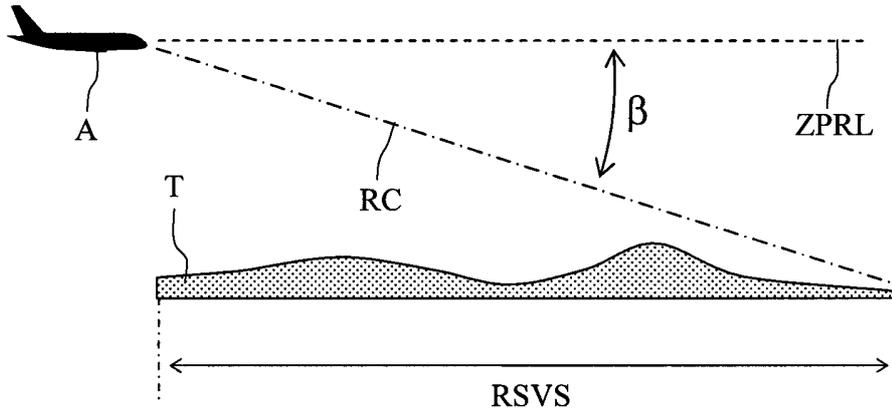


FIG. 3

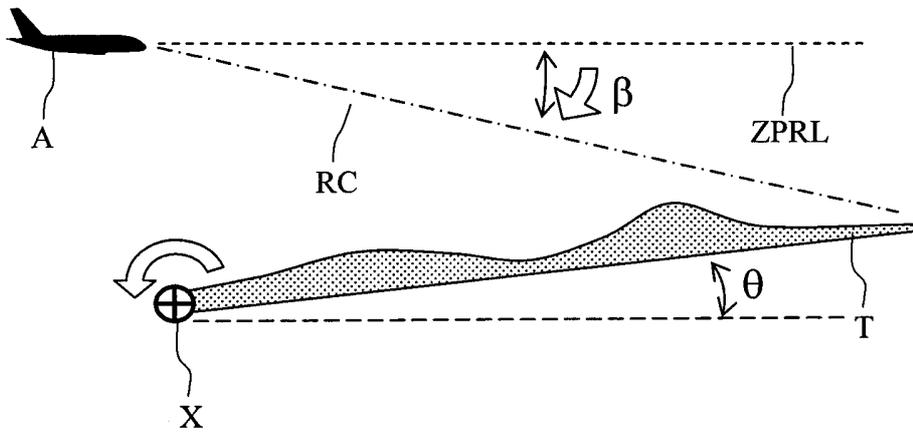


FIG. 4

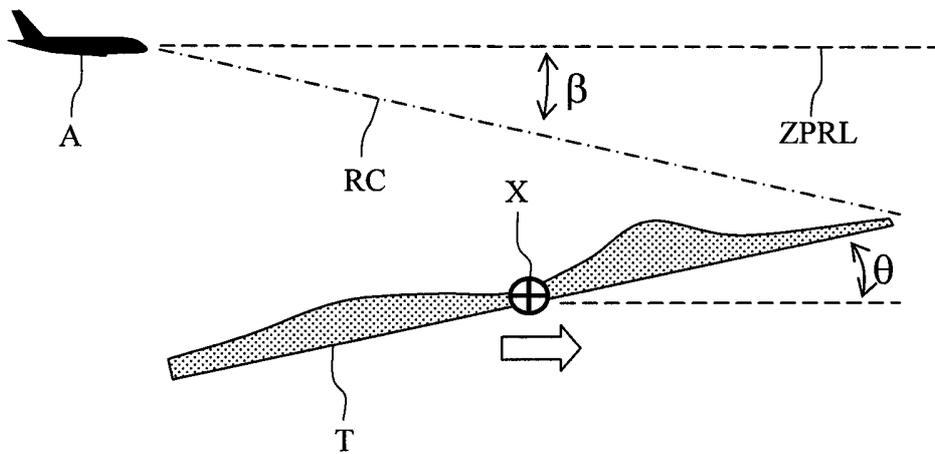


FIG. 5

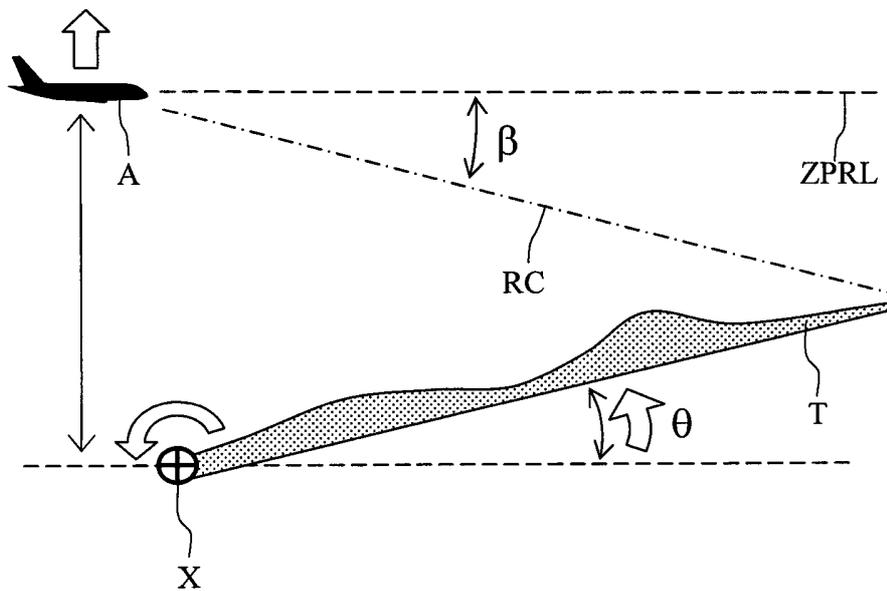
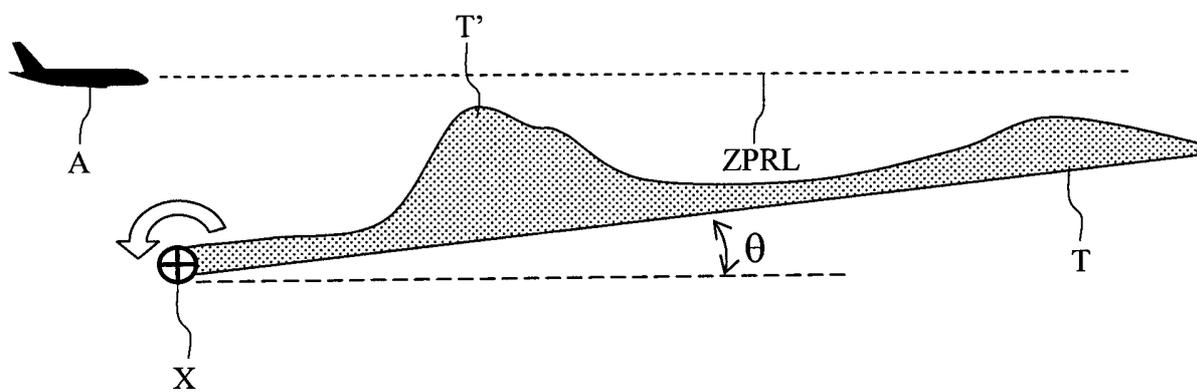
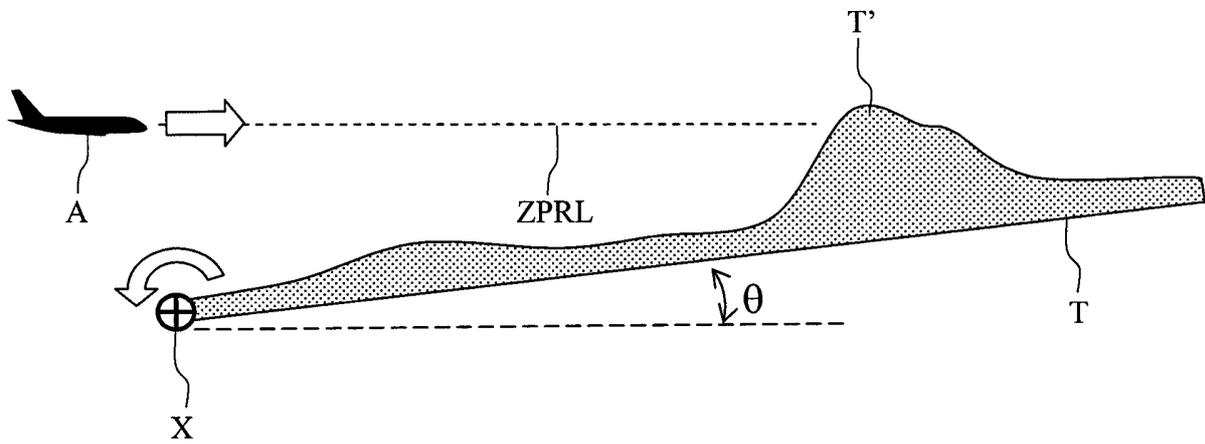


FIG. 6



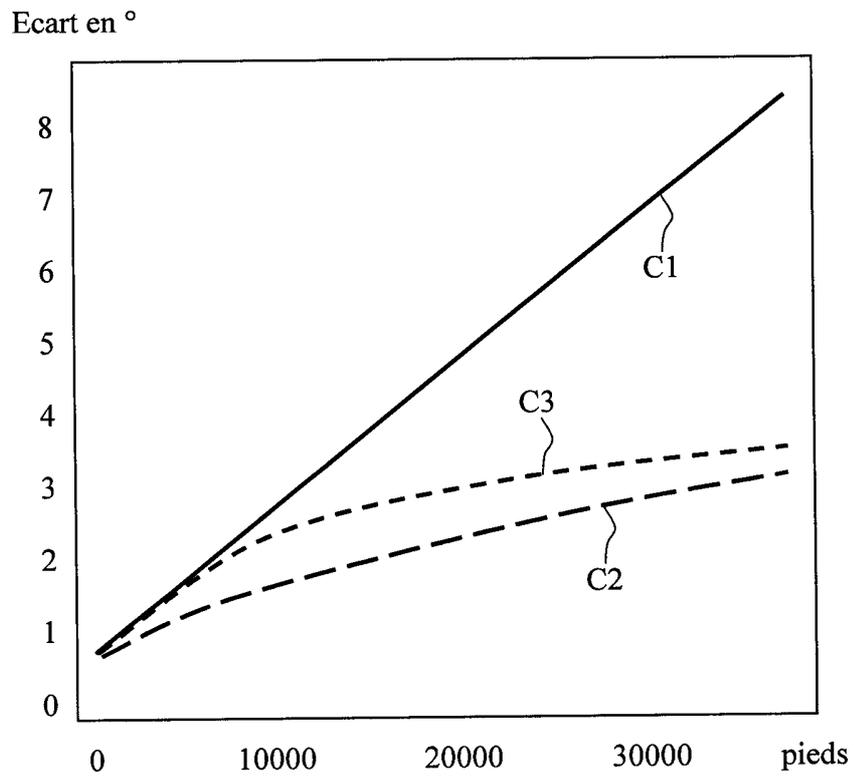


FIG. 9

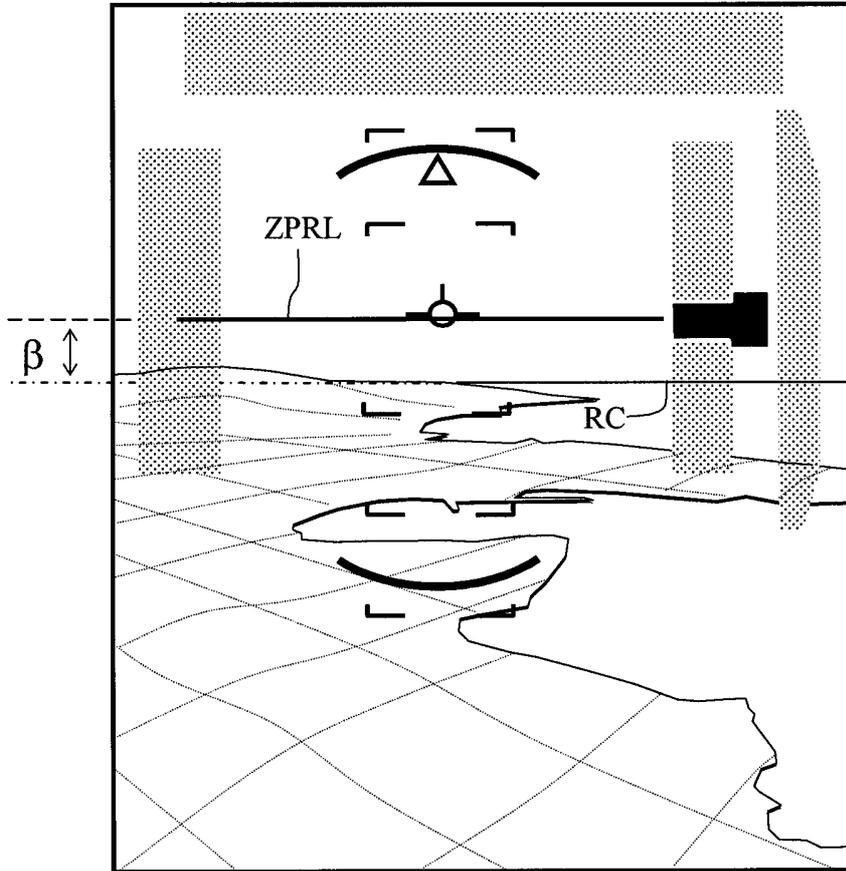


FIG. 10



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 823042
FR 1502719

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, des parties pertinentes		
X	Honeywell: "Vision Systems Overview EVS EFVS SVS CVS C&PS Flight Technical Services January 2013", 31 mars 2013 (2013-03-31), XP055154204, Extrait de l'Internet: URL:https://www.mygdc.com/assets/public_files/gdc_services/pilot_services/presentations/Vision_Systems_Overview.pdf [extrait le 2014-11-20]	1-3,6, 8-10	G01C23/00
A	* pages 16-24 *	4,5,7	
A	----- EP 2 717 228 A1 (DASSAULT AVIAT [FR]) 9 avril 2014 (2014-04-09) * alinéas [0049] - [0054]; figures 5,6 *	1-10	
A	----- EP 2 221 583 A2 (HONEYWELL INT INC [US]) 25 août 2010 (2010-08-25) * alinéa [0019] *	1-10	
A	----- EP 2 613 125 A2 (HONEYWELL INT INC [US]) 10 juillet 2013 (2013-07-10) * alinéa [0030]; figures 6-8 *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01C G06T
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
28 octobre 2016		Gagin, Thibaut	
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	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1502719 FA 823042**

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 28-10-2016

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
EP 2717228 A1	09-04-2014	EP 2717228 A1 FR 2996670 A1 US 2014214245 A1	09-04-2014 11-04-2014 31-07-2014
EP 2221583 A2	25-08-2010	EP 2221583 A2 US 2010211237 A1	25-08-2010 19-08-2010
EP 2613125 A2	10-07-2013	EP 2613125 A2 US 2013179010 A1	10-07-2013 11-07-2013