

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 937 009

21 N° d'enregistrement national : 08 05574

51 Int Cl⁸ : B 64 D 45/00 (2006.01), G 01 C 21/00

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 09.10.08.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 16.04.10 Bulletin 10/15.

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) : AIRBUS FRANCE Société anonyme
— FR.

72 Inventeur(s) : CHRISTOPHE LAURE et RAYNAUD GARANCE.

73 Titulaire(s) : AIRBUS FRANCE Société anonyme.

74 Mandataire(s) : CABINET BLOCH & BONNETAT.

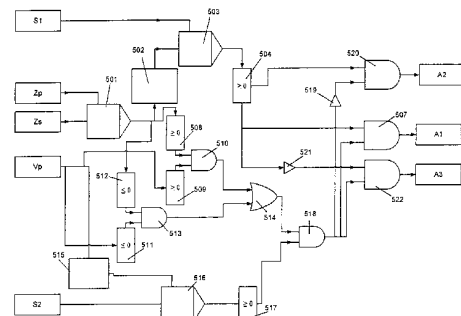
54 PROCÉDE ET SYSTÈME DE SURVEILLANCE MÉTÉOROLOGIQUE A BORD D'UN AÉRONEF.

57 Selon l'invention:

■ on forme la différence d'altitude entre l'altitude courante de l'aéronef et l'altitude du plan de surveillance météorologique;

■ on compare ladite différence d'altitude à un seuil d'écart prédéterminé; et

■ on émet une première alerte si ladite différence d'altitude atteint ou dépasse ledit seuil d'écart et si ladite différence d'altitude diverge.



FR 2 937 009 - A1



L'invention concerne l'assistance au pilotage d'un aéronef et, plus particulièrement, la surveillance des conditions météorologiques à bord d'un aéronef, par exemple un avion de transport.

On sait que les pilotes d'un avion sont assistés de nombreux
5 écrans de visualisation, montés dans la cabine de pilotage, sur lesquels les pilotes peuvent lire des données et mesures utiles à la navigation de l'avion. En particulier, ces écrans de visualisation permettent de fournir des données relatives aux conditions météorologiques, à l'itinéraire de vol et au relief terrestre.

10 Parmi l'ensemble des écrans de visualisation de la cabine de pilotage, au moins deux écrans sont utilisés pour visualiser des données météorologiques (turbulences, nuages, intempéries).

Le premier écran, dit « de navigation » (connu sous sa dénomination anglaise « Navigation Display »), permet de fournir des données météorologiques dans un plan horizontal, c'est-à-dire à altitude constante. Le
15 plan horizontal, dans lequel les données météorologiques sont surveillées, est désigné « plan de surveillance ».

Le deuxième écran de visualisation, dit « écran vertical », permet de fournir des données de relief et des données météorologiques dans un
20 plan vertical, c'est-à-dire à des altitudes différentes. Cet écran vertical se présente sous la forme d'un rectangle dont le bord latéral gauche est gradué verticalement en altitude. Un symbole représentant l'avion est affiché sur l'écran vertical à l'altitude de celui-ci, le pilote pouvant ainsi facilement observer si des intempéries se forment au-dessus ou au-dessous de
25 l'avion. Le symbole d'avion peut se déplacer verticalement sur l'écran vertical. En effet, en phase de montée, l'avion est par exemple situé en bas

de l'écran pour améliorer l'observation des conditions météorologiques au-dessus de l'avion. En revanche, en phase de descente, l'avion peut être positionné en haut de l'écran, améliorant ainsi la visibilité du relief et l'observation des conditions météorologiques sous l'avion.

5 Outre les données de relief et les données météorologiques, l'écran vertical permet également de représenter la position du plan de surveillance qui est affiché sur l'écran de navigation. Autrement dit, l'écran vertical permet de représenter visuellement la position du plan horizontal pour lequel les données météorologiques sont affichées sur l'écran de navigation. A cet effet, une ligne droite horizontale continue est affichée sur l'écran vertical à l'altitude du plan de surveillance lorsqu'une fonction, désignée communément « fonction d'élévation », est activée.

10 En règle générale, l'altitude du plan de surveillance est modifiée automatiquement de manière à correspondre à l'itinéraire de l'avion. Afin d'anticiper d'éventuelles intempéries, le pilote peut modifier manuellement l'altitude du plan de surveillance. C'est cette fonction qui est connue sous la désignation « fonction d'élévation ». La ligne droite continue représentant le plan de surveillance peut être alors déplacée verticalement sur l'écran vertical, les données météorologiques affichées sur l'écran de navigation étant alors mises à jour en fonction de l'altitude sélectionnée pour le plan de surveillance.

20 Cette fonction d'élévation présente un inconvénient majeur lorsque le plan de surveillance est déplacé hors des limites de l'écran vertical, c'est-à-dire à une altitude supérieure à celle correspondant au bord supérieur de l'écran vertical ou à une altitude inférieure à celle correspondant au bord inférieur de l'écran vertical, l'altitude du plan de surveillance ne pouvant plus être représentée par les graduations d'altitude de l'écran vertical. La ligne continue représentant la position du plan de surveillance en-

tre en butée avec le bord de l'écran, le bord de l'écran et ladite ligne continue étant alors confondus.

Afin de représenter plus distinctement la position du plan de surveillance lorsque l'altitude du plan de surveillance est hors des limites de l'écran vertical, la position du plan de surveillance est représentée par une ligne droite discontinue et épaissie à proximité du bord de l'écran. Malheureusement, lorsque l'altitude du plan de surveillance est hors limites, il existe un risque que le pilote interprète de manière erronée l'altitude du plan de surveillance. En effet, le pilote peut se méprendre et interpréter la ligne discontinue en une ligne continue, celui-ci étant alors persuadé de surveiller les données météorologiques à l'altitude correspondant à la limite d'affichage de l'écran.

Par ailleurs, le pilote peut oublier de commuter la fonction d'élévation en mode automatique après avoir modifié l'altitude du plan de surveillance. Le pilote pense alors observer des données météorologiques à l'altitude de l'avion, alors que le plan de surveillance a été déplacé manuellement. L'avion peut ainsi traverser des zones d'intempéries qui n'ont pas été anticipées par le pilote, l'avion pouvant alors être mis en danger.

De plus, il est fréquent que, sur l'écran de navigation, un des pilotes surveille les données météorologiques et l'autre pilote les données de terrain. Or, il peut arriver qu'un des pilotes manipule la fonction d'élévation sans avertir l'autre pilote, ce qui peut entraîner une mauvaise interprétation des données affichées.

L'invention a pour objet de remédier à ces inconvénients.

A cette fin, selon l'invention, le procédé de génération d'alertes pour un système de visualisation de données météorologiques d'un aéronef, le système comprenant des moyens de visualisation pouvant afficher les données météorologiques dans un plan de surveillance à une altitude

déterminée alors que l'aéronef se trouve à son altitude courante, est remarquable en ce que :

- on forme la différence d'altitude entre ladite altitude courante et ladite altitude du plan de surveillance ;
- 5 – on compare ladite différence d'altitude à un seuil d'écart prédéterminé ;
et
- on émet une première alerte si ladite différence d'altitude atteint ou dépasse ledit seuil d'écart et si ladite différence d'altitude diverge.

Lorsqu'on cherche à attirer l'attention du pilote en cas d'oubli de la
10 fonction d'élévation, on doit éviter d'émettre des alertes lorsque le pilote utilise volontairement la fonction d'élévation. En effet, l'émission intempestive de « fausses » alertes à l'attention des pilotes est un inconvénient à éviter. Lorsque l'émission de fausses alertes est trop fréquente, les alertes reçues, qu'elles soient fausses ou vraies, ne sont alors pas pleinement
15 considérées, une vraie alerte pouvant alors passer inaperçue.

Un tel procédé selon l'invention permet avantageusement de prévenir le pilote en cas d'oubli de la fonction d'élévation. En effet, si l'aéronef est éloigné de l'altitude du plan de surveillance (détection d'un écart) et que l'aéronef s'en éloigne de plus en plus (détection d'une divergence), il est fort probable que le pilote ne soit pas intéressé par les conditions météorologiques dans le plan de surveillance. Il existe donc un risque
20 de méprise : une alerte doit être émise.

De préférence, on émet une deuxième alerte si ladite différence d'altitude atteint ou dépasse ledit seuil d'écart et si ladite différence
25 d'altitude converge. Cela permet avantageusement de prévenir le pilote d'un éventuel oubli de la fonction élévation et de limiter le risque de méprise. L'alerte d'écart est une alerte préliminaire.

De préférence encore, on mesure la vitesse verticale de l'aéronef et on déduit que ladite différence d'altitude diverge lorsque ladite diffé-

rence d'altitude est positive et ladite vitesse verticale de l'aéronef est positive ou, lorsque ladite différence d'altitudes est négative et ladite vitesse verticale de l'aéronef est négative.

5 La vitesse verticale de l'aéronef, positive lorsque l'altitude de l'aéronef augmente et négative lorsque l'altitude de l'aéronef diminue, permet de détecter une divergence de l'aéronef.

Selon une caractéristique particulière de l'invention, on inhibe l'émission de ladite première alerte lorsque ladite vitesse verticale de l'aéronef est, en valeur absolue, inférieure à un seuil de vitesse prédéterminé.

10 Cela permet avantageusement de ne pas déclencher des alertes intempestives lors d'un « marsouinage » de l'aéronef, c'est-à-dire lorsque la valeur de l'altitude de l'aéronef oscille autour d'une altitude constante. En effet, un tel phénomène empêche de détecter, avec une forte probabilité, une divergence de l'aéronef. La présence d'un seuil de vitesse permet de limiter l'émission de fausses alertes.

De préférence, on émet une deuxième alerte si ladite différence d'altitude atteint ou dépasse ledit seuil d'écart et si ladite vitesse verticale de l'aéronef est, en valeur absolue, inférieure à un seuil de vitesse prédéterminé.

20 Avantageusement, on mesure la vitesse verticale de l'aéronef et on émet une troisième alerte lorsque ladite vitesse verticale est, en valeur absolue, supérieure audit seuil de vitesse, ladite différence d'altitude diverge et ladite différence d'altitude est inférieure audit seuil d'écart.

25 On peut émettre la première alerte lorsque ladite différence d'altitude atteint ou dépasse ledit seuil d'écart pendant une durée égale ou supérieure à un seuil de temps prédéterminé et que ladite différence d'altitude converge.

Cela permet avantageusement d'éviter que l'aéronef demeure pendant une longue période de temps à une altitude trop éloignée du plan de surveillance.

5 Il est avantageux d'afficher un message d'alerte sur les moyens de visualisation lors de l'émission d'une alerte. La nature du message d'alerte affiché peut correspondre à la nature de l'alerte émise (alerte d'écart, de divergence ou critique). Cela permet au pilote de détecter rapidement un éventuel oubli de la fonction d'élévation.

10 De préférence, on affiche un message clignotant d'alerte sur les moyens de visualisation lors de l'émission d'une première alerte.

Le clignotement du message d'alerte permet de mettre en exergue la première alerte par rapport aux autres alertes (divergence et écart).

15 L'invention concerne également un système de visualisation de données météorologiques pour un aéronef, comportant au moins des moyens de visualisation affichant les données météorologiques dans un plan de surveillance à une altitude déterminée des moyens d'acquisition de l'altitude courante de l'aéronef, ledit système étant remarquable en ce qu'il comporte :

- 20 – des moyens de traitement agencés pour former la différence d'altitude entre ladite altitude courante et ladite altitude du plan de surveillance, pour comparer ladite différence d'altitude à un seuil d'écart, et pour détecter une divergence de ladite différence d'altitude ; et
- 25 – des moyens de génération d'alertes agencés pour émettre une première alerte pour le pilote en cas d'atteinte ou de dépassement du seuil d'écart par ladite différence d'altitude et de divergence de la différence d'altitude.

Les figures du dessin annexé feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée. Sur ces figures, des références identiques désignent des éléments semblables.

La figure 1 représente schématiquement un système de visualisation de données météorologiques pour un aéronef selon une première forme de réalisation de l'invention.

La figure 2 représente schématiquement les moyens de traitement
5 du système de visualisation de la figure 1.

La figure 3 représente schématiquement un système de visualisation de données météorologiques pour un aéronef selon une deuxième forme de réalisation de l'invention.

La figure 4 représente schématiquement les moyens de traitement
10 du système de visualisation de la figure 3.

La figure 5 représente schématiquement les moyens de traitement d'une troisième forme de réalisation du système de visualisation selon l'invention.

La figure 6 représente schématiquement les moyens de traitement
15 d'une quatrième forme de réalisation du système de visualisation selon l'invention.

La figure 7 représente schématiquement l'émission d'un message d'alerte sur un écran de navigation d'un système de visualisation conforme à l'invention.

La figure 8 représente schématiquement l'émission d'un message
20 d'alerte sur un écran de visualisation vertical d'un système de visualisation conforme à l'invention, l'écran de visualisation étant gradué en pieds (ft).

Le système 1 de visualisation de données météorologiques conforme à l'invention, représenté schématiquement sur la figure 1, est
25 destiné à assister des opérateurs (pilote, copilote, ...) d'un aéronef lors du pilotage dudit aéronef, par exemple un avion de transport, non représenté.

Ce système comporte des moyens de visualisation 10 affichant des données météorologiques dans un plan de surveillance à une altitude déterminée Z_s . Les moyens 10 de visualisation comportent un écran de

visualisation des données météorologiques dans un plan horizontal, c'est-à-dire à altitude constante (Figure 7). Cet écran, dit « écran de navigation ND », est plus connu sous sa dénomination anglaise « Navigation Display ». Le plan horizontal, dans lequel les données météorologiques sont surveillées, est désigné plan de surveillance.

Le système 10 de visualisation de données météorologiques est relié à des moyens 20 d'acquisition de données météorologiques, par exemple un radar météorologique 20, dont la fonction est d'acquérir, entre autres, les données météorologiques en aval de la trajectoire de l'aéronef dans le plan de surveillance d'altitude constante Z_s , les données acquises étant envoyées à l'écran de navigation ND en vue de leur affichage.

L'écran de navigation ND est relié à des moyens 30 de réglage de l'altitude du plan de surveillance Z_s , par exemple un bouton rotatif 30, dont la fonction est de modifier l'altitude Z_s à laquelle les données météorologiques sont acquises par le radar météorologique 20.

En référence à la figure 1, les moyens 30 de réglage de l'altitude du plan de surveillance Z_s sont également reliés à l'écran de navigation ND, afin d'afficher sur ledit écran de navigation ND l'altitude du plan de surveillance Z_s sélectionnée par le bouton rotatif 30. La modification manuelle de l'altitude du plan de surveillance Z_s est une fonction connue des opérateurs et est désignée de façon usuelle par « fonction d'élévation ».

Le système de visualisation de données météorologiques 1 comporte, en outre, des moyens 40 d'acquisition de l'altitude courante de l'aéronef Z_p . Ces moyens 40 peuvent se présenter sous la forme d'un altimètre 40 mesurant l'altitude courante de l'aéronef Z_p au cours du temps.

Le système 1 de visualisation de données météorologiques comporte, en outre, des moyens de traitement 50 qui sont reliés aux moyens 30 de réglage de l'altitude du plan de surveillance Z_s et aux moyens 40

d'acquisition de l'altitude de vol Z_p de l'aéronef. Les moyens de traitement 50 sont agencés pour comparer l'altitude courante de l'aéronef Z_p avec l'altitude du plan de surveillance Z_s et en déduire la différence d'altitude D_z . Les moyens de traitement 50 sont également agencés pour
5 détecter, d'une part, un écart d'altitude important entre l'altitude courante de l'aéronef Z_p et l'altitude du plan de surveillance Z_s , et, d'autre part, une divergence de l'aéronef par rapport à l'altitude de son plan de surveillance d'altitude Z_s .

Les moyens de traitement 50 peuvent se présenter sous la forme
10 d'une unité de calcul dont la fonction est d'activer des alertes en fonction principalement des valeurs de l'altitude courante de l'aéronef Z_p et de l'altitude du plan de surveillance Z_s . Les moyens de traitement 50 comprennent différents éléments logiques discrets qui seront décrits lors de la présentation des différentes formes de réalisation de l'invention.

Les moyens de traitement 50 sont reliés à des moyens 70 de gé-
15 nération d'alertes, appartenant au système 1 de visualisation de données météorologiques, qui émettent des alertes en fonction des messages d'activation envoyés par les moyens de traitement 50. En référence à la figure 1, les moyens 70 de génération d'alertes sont reliés aux moyens de
20 visualisation 10 de manière à émettre des alertes visuelles, par exemple, sur l'écran de navigation ND. Les différentes alertes seront détaillées par la suite.

Il va de soi que les moyens 70 de génération d'alertes pourraient également comprendre un haut parleur de manière à émettre des alertes
25 auditives à l'attention des opérateurs.

Dans une première forme de réalisation de l'invention, illustrée par la figure 2, les moyens de traitement 50 du système 1 de visualisation de données météorologiques sont agencés pour détecter un écart lorsque la

différence entre l'altitude courante de l'aéronef Z_p et l'altitude du plan de surveillance Z_s excède ou égale un premier seuil d'écart prédéterminé S_1 .

Le premier seuil S_1 peut être constant, mais il va de soi qu'il pourrait également être dynamique, c'est-à-dire évoluant au cours du temps.

5 Les moyens de traitement 50 sont représentés schématiquement par des éléments logiques qui agissent sur les entrées (S_1 , Z_s , Z_p) desdits moyens de traitement 50 pour émettre en sortie, sous certaines conditions, un message d'activation d'une première alerte A_1 .

10 Les moyens de traitement 50 reçoivent en entrée l'altitude courante de l'aéronef Z_p , l'altitude du plan de surveillance Z_s et le premier seuil d'écart S_1 . Dans une première étape de comparaison, un premier soustracteur 501 soustrait la valeur de l'altitude du plan de surveillance Z_s à la valeur de l'altitude courante de l'aéronef Z_p pour en déduire la différence d'altitude D_z .

15 Dans une deuxième étape de comparaison, un deuxième soustracteur 503 soustrait la valeur absolue de la différence des altitudes, calculée par le bloc logique 502 relié au soustracteur 501, au premier seuil S_1 . Un opérateur booléen 504, monté à la sortie du deuxième soustracteur 503, émet en sortie une réponse affirmative si son entrée est positive ou nulle,
20 une réponse négative étant émise dans les autres cas.

Ainsi, lorsque l'écart entre les altitudes du plan de surveillance Z_s et de l'aéronef Z_p dépasse ou atteint le premier seuil d'écart S_1 , la réponse fournie par l'opérateur booléen 504 est affirmative et un écart est détecté. Les éléments logiques discrets 501, 502, 503, 504, permettant
25 de détecter un écart, forment la chaîne logique de détection d'écart.

Les moyens de traitement 50 du système 1 de visualisation de données météorologiques sont également agencés pour détecter une divergence de l'aéronef par rapport à l'altitude de son plan de surveillance Z_s .

A cet effet, les moyens de traitement 50 comportent un registre 505 de suivi de l'évolution de la différence d'altitudes Dz dont la fonction est de comparer la différence d'altitude Dz entre deux instants successifs pour en déduire un indice de divergence ΔDz . Dans cet exemple, l'indice de divergence ΔDz est égal à la différence entre la valeur absolue de la différence d'altitude Dz à un instant T et cette même valeur à un instant T-1 ($\Delta Dz = ABS(Dz(T)) - ABS(Dz(T-1))$). Autrement dit, l'indice de divergence ΔDz permet de mesurer la croissance/décroissance de l'écart. En référence à la figure 2, l'entrée du registre 505 est reliée à la sortie du soustracteur 501 fournissant la différence d'altitudes Dz.

Un opérateur booléen 506, monté en sortie du registre 505, émet en sortie une réponse affirmative si la valeur de l'indice de divergence ΔDz , reçue en entrée, est positive ou nulle, une réponse négative étant émise dans les autres cas.

Ainsi, lorsque la différence entre les altitudes du plan de surveillance Zs et de l'aéronef Zp est croissante, la réponse fournie par l'opérateur booléen 506 est affirmative. Les éléments logiques discrets 505, 506, permettant de détecter une divergence, forment la chaîne logique de détection de divergence.

Les sorties des opérateurs booléens 504 et 506 sont reliées aux entrées d'une porte « ET » 507 qui est agencée pour émettre un message d'activation d'une première alerte A1 lorsque ses deux entrées sont simultanément affirmatives, aucun message d'activation n'étant émis dans les autres cas. Lorsqu'un écart et une divergence sont simultanément détectés, le message d'activation est transmis aux moyens de génération d'alertes 70 qui émettent la première alerte A1.

Ainsi, la première alerte A1 est émise pour attirer l'attention des opérateurs si la différence d'altitude Dz atteint ou dépasse le premier seuil

d'écart S1 et si la différence d'altitude Dz diverge. La première alerte A1 est une alerte critique.

Dans un premier exemple de mise en œuvre, l'altitude du plan de surveillance est constante et égale à 60000 pieds (18 300 mètres), le premier seuil d'écart S1 est fixe et égal à 4000 pieds (1 200 mètres) et l'altitude de l'aéronef évolue conformément au tableau 1 ci-dessous.

Instants (en secondes)	T1 = 10	T2 = 30	T3 = 50
Altitude courante de l'aéronef Zp (en pieds)	57000	56500	56000
Altitude du plan de surveillance Zs (en pieds)	60000	60000	60000
Dz	- 3000	- 3500	- 4000
ΔDz	-	500	500
Activation d'une alerte	NON	NON	A1

Tableau 1 : Exemple de mise en œuvre 1

En référence au tableau 1, entre les instants T1 et T2, la valeur absolue de la différence d'altitude Dz est inférieure au premier seuil S1 ($3000 < 4000$). Aucun écart n'est détecté. Une divergence est détectée à l'instant T2 car l'aéronef s'éloigne de l'altitude du plan de surveillance ($\Delta Dz > 0$). Etant donné que les critères d'écart et de divergence ne sont pas simultanément respectés, aucune alerte n'est émise.

A l'instant T3, la valeur absolue de la différence d'altitudes Dz est égale au premier seuil S1. Un écart est détecté. Une divergence est également détectée à l'instant T3 ($\Delta Dz > 0$), l'aéronef continuant de s'éloigner de l'altitude Zs du plan de surveillance. Comme une divergence et un écart sont simultanément détectés, une première alerte A1 est émise.

Dans une deuxième forme de réalisation de l'invention, illustrée par la figure 3, les références utilisées pour les éléments similaires aux éléments du dispositif de la figure 1 sont les mêmes. D'ailleurs, l'ensemble de la description du dispositif de la figure 1 n'est pas reprise, cette description s'appliquant au dispositif de la figure 3, lorsqu'il n'y a pas d'incompatibilités. Il en va de même pour les troisième et quatrième formes de réalisation suivantes.

Dans cette deuxième forme de réalisation de l'invention de la figure 3, le système 1 de visualisation de données météorologiques comporte des moyens 80 d'acquisition de la vitesse verticale de l'aéronef V_p qui sont reliés aux moyens de traitement 50. Ces moyens d'acquisition 80 se présentent par exemple sous la forme d'un tachymètre 80 mesurant en continu la vitesse verticale de l'aéronef V_p au cours du temps.

A la différence de la première forme de réalisation, les moyens de traitement 50 de la deuxième forme de réalisation comportent une entrée supplémentaire fournissant la vitesse verticale de l'aéronef V_p , l'entrée V_p étant positive lorsque l'altitude courante de l'aéronef Z_p est croissante et négative lorsqu'elle est décroissante. Les chaînes logiques de détection d'écart sont identiques entre la première et la deuxième forme de réalisation, les chaînes logiques de détection de divergence étant différentes.

La figure 4 représente les moyens de traitement 50 du système 1 de visualisation de données météorologiques selon la deuxième forme de réalisation de l'invention de la figure 3. En référence à la figure 4, des opérateurs booléens 509, 508 reçoivent respectivement en entrée la vitesse verticale de l'aéronef V_p et la sortie du soustracteur 501 fournissant la différence d'altitude D_z . Chaque opérateur booléen 509, 508 émet en sortie une réponse affirmative si son entrée est positive ou nulle, une réponse négative étant émise dans les autres cas. Les sorties des opérateurs booléens 509, 508 sont reliées aux entrées d'une porte « ET » 510 qui émet

une sortie affirmative lorsque ses deux entrées sont simultanément affirmatives. Ainsi, la sortie de la porte « ET » 510 est affirmative lorsque la différence d'altitudes Dz est positive (opérateur booléen 508) et la vitesse verticale de l'aéronef Vp est positive (opérateur booléen 509).

5 De manière similaire, des opérateurs booléens 511, 512 reçoivent respectivement en entrée la vitesse verticale de l'aéronef Vp et la sortie du soustracteur 501 fournissant la différence d'altitude Dz . Chaque opérateur booléen 511, 512 émet en sortie une réponse affirmative si son entrée est négative ou nulle, une réponse négative étant émise dans les autres cas. Les sorties des opérateurs booléens 511, 512 sont reliées aux entrées d'une porte « ET » 513 qui émet une sortie affirmative lorsque ses deux entrées sont simultanément affirmatives. Ainsi, la sortie de la porte « ET » 513 est affirmative lorsque la différence d'altitudes Dz est négative (opérateur booléen 511) et la vitesse verticale de l'aéronef Vp est négative (opérateur booléen 512).

15 Les sorties des portes « ET » 510, 513 sont reliées en entrée à une porte « OU » 514 qui émet une sortie affirmative lorsque l'une de ses deux entrées est affirmative. La sortie de la porte « OU » 514 est reliée à l'entrée de la porte « ET » 504 décrite précédemment

20 Ainsi, dans cette deuxième forme de réalisation, on mesure la vitesse verticale de l'aéronef Vp et on déduit que la différence d'altitude Dz diverge lorsque :

- la différence d'altitude Dz est positive (opérateur booléen 508) et la vitesse verticale de l'aéronef Vp est positive (opérateur booléen 509) de manière simultanée (porte « ET » 510)
- ou (porte « OU » 514) lorsque
- la différence d'altitude Dz est négative (opérateur booléen 512) et la vitesse verticale de l'aéronef Vp est négative (opérateur booléen 511) de manière simultanée (porte « ET » 513).

Dans une troisième forme de réalisation de l'invention, représentée sur la figure 5, les moyens de traitement 50 sont agencés pour émettre plusieurs messages d'activation d'alertes différentes A1, A2, A3. Cette nouvelle forme de réalisation comprend tous les éléments logiques discrets de la deuxième forme de réalisation décrite précédemment.

– Première alerte A1

Toujours en référence à la figure 5, les moyens de traitement 50 comportent un bloc logique 515, agencé pour calculer la valeur absolue de la vitesse verticale de l'aéronef V_p . Le bloc logique 505 est relié à l'entrée d'un soustracteur 516 agencé pour soustraire la valeur absolue de la vitesse verticale de l'aéronef V_p , à un deuxième seuil S2, dit seuil de vitesse S2. La sortie du soustracteur 516 est reliée à l'entrée d'un opérateur booléen 517 qui émet en sortie une réponse affirmative si son entrée est positive ou nulle, une réponse négative étant émise dans les autres cas. Les sorties de la porte « OU » 514 et de l'opérateur booléen 517 sont reliées aux entrées d'une porte « ET » 518 qui émet une sortie affirmative lorsque ses deux entrées sont simultanément affirmatives.

La présence d'un seuil de vitesse S2 permet avantageusement d'éviter l'émission d'alertes critiques A1 lorsque la valeur de l'altitude de l'aéronef oscille autour d'une altitude constante. Cette oscillation en altitude, est courante lors du vol de l'aéronef le long de son itinéraire. Lors d'un tel « marsouinage » de l'aéronef, l'émission d'alertes critiques A1 est inhibée.

Toujours en référence à la figure 5, les sorties de l'opérateur booléen 503 et de la porte « ET » 518 sont reliées à l'entrée de la porte « ET » 504 qui émet en sortie le message d'activation de la première alerte A1, si ses deux entrées sont simultanément positives. Si la vitesse verticale V_p est inférieure au seuil de garde S2, il n'y a pas détection de divergence, aucune alerte critique A1 n'est émise.

– Deuxième alerte A2

En référence à la figure 5, un inverseur 519 est monté à la sortie de la porte « ET » 518 qui détermine une divergence de la différence d'altitude DZ. Un inverseur est agencé pour inverser sa sortie par rapport à son entrée, par exemple, en transformant une entrée affirmative en une sortie négative et, réciproquement, en transformant une entrée négative en une sortie affirmative.

Les sorties de l'opérateur booléen 504 et de l'inverseur 519 sont reliées à l'entrée d'une porte « ET » 520 qui émet en sortie un message d'activation d'une deuxième alerte A2, lorsque ses deux entrées sont simultanément affirmatives. Le message d'activation de la deuxième alerte A2 est transmis aux moyens de génération d'alertes 70.

Ainsi, on émet une deuxième alerte A2 à l'attention des opérateurs lors de la détection d'un écart et d'une convergence de l'aéronef. De même, lorsque la vitesse verticale V_p de l'aéronef est inférieure au seuil de vitesse S2, c'est-à-dire lors d'un marsouinage, la deuxième alerte A2 est émise en cas de détection d'un écart. La deuxième alerte d'écart A2 permet de prévenir les opérateurs d'un éventuel oubli de la fonction d'élévation.

– Troisième alerte A3

En référence à la figure 5, un inverseur 521 est monté à la sortie de l'opérateur booléen 504 qui détermine un écart d'altitudes. Les sorties de la porte « ET » 518 et de l'inverseur 521 sont reliées à l'entrée d'une porte « ET » 522 qui émet en sortie un message d'activation d'une troisième alerte A3 lorsque ses deux entrées sont simultanément affirmatives. Ce message d'activation de la troisième alerte de divergence A3 est transmis aux moyens de génération d'alertes 70.

Ainsi, on émet une troisième alerte A3 à l'attention de l'opérateur lorsque la vitesse verticale V_p excède ou égale le seuil de vitesse S2, que

l'aéronef diverge et que la différence des altitudes Dz est inférieure au seuil d'écart $S1$. La troisième alerte $A3$ est une alerte de divergence.

Dans un deuxième exemple de mise en œuvre de l'invention, l'altitude du plan de surveillance est constante et égale à 60000 pieds (18 300 mètres), le premier seuil $S1$ est fixe et égal à 4000 pieds (1 200 mètres), le deuxième seuil $S2$ est fixe et égal à 200 pieds/min (60 mètres par minute) et l'altitude de l'aéronef évolue conformément au tableau 2 ci-dessous.

Instants (en secondes)	T1 = 10	T2 = 30	T3 = 50
Altitude courante de l'aéronef Zp (en pieds)	56500	55500	55400
Altitude du plan de surveillance Zs (en pieds)	60000	60000	60000
Dz	-3500	-4500	-4600
Vp (pieds/min)	-350	+ 50	-250
Activation d'une alerte	A3	A2	A1

Tableau 2 : Exemple de mise en œuvre 2

En référence au tableau 2, à l'instant $T1$, la valeur absolue de la différence d'altitude Dz est inférieure au premier seuil $S1$ ($3500 < 4000$). Aucun écart n'est détecté. Une divergence est détectée à l'instant $T1$ car la vitesse verticale de l'aéronef excède le deuxième seuil $S2$ ($350 > 200$) et l'aéronef s'éloigne de l'altitude du plan de surveillance. Une troisième alerte de divergence $A3$ est émise.

A l'instant $T2$, la valeur absolue de la différence d'altitude Dz est supérieure au premier seuil $S1$ ($4500 > 4000$). Un écart est détecté. Aucune alerte de divergence $A3$ ou critique $A1$ n'est émise à l'instant $T3$, la vitesse verticale de l'aéronef étant inférieure au deuxième seuil $S2$

($50 < 200$), l'alerte critique A1 étant inhibée. Cependant, la deuxième alerte d'écart A2 est émise car l'aéronef converge.

A l'instant T3, la valeur absolue de la différence d'altitude Dz est supérieure au premier seuil S1 ($4600 > 4000$). Un écart est détecté. Une divergence est également détectée à l'instant T3 car la vitesse verticale de l'aéronef excède le deuxième seuil S2 ($250 > 200$) et l'aéronef s'éloigne de l'altitude du plan de surveillance. Comme une divergence et un écart sont simultanément détectés, une première alerte A1 est émise.

Les différentes émissions d'alertes peuvent être résumées dans le tableau 3 ci-dessous.

	Divergence	$ABS(Dz) < S1$	$ABS(Dz) > S1$
$ABS(Vp) < S2$	NON	-	A2
$ABS(Vp) \geq S2$	NON	-	A2
$ABS(Vp) < S2$	OUI	-	A2 (A1 inhibée)
$ABS(Vp) \geq S2$	OUI	A3	A1

Tableau 3 : Conditions d'alertes

La quatrième forme de réalisation de la présente invention, représentée sur la figure 6, reprend l'ensemble des éléments logiques discrets de la troisième forme de réalisation. Les moyens de traitement 50 sont agencés pour émettre un message d'activation de la première alerte A1 lorsqu'un écart est détecté pendant une période de temps déterminée. A cet effet, on introduit un troisième seuil S3, dit seuil de temps S3, correspondant au temps maximum de détection d'un écart avant activation de la première alerte A1.

Les moyens de traitement 50 comportent un chronomètre 523, recevant en entrée la sortie de la porte « ET » 520, détectant un écart et une convergence, et le seuil de temps S3. Lorsque la sortie de la porte « ET » 520 est affirmative pendant une période de temps supérieure ou

égale à la valeur du troisième seuil S3, le chronomètre 523 émet un message d'activation de la première alerte A1.

Bien que le critère de divergence ne soit pas respecté, une alerte critique A1 est néanmoins émise par le générateur d'alertes 70. Cela permet d'éviter que l'aéronef demeure pendant une longue période de temps à une altitude trop éloignée du plan de surveillance.

De préférence, le troisième seuil de temps S3 est choisi de manière à laisser suffisamment de temps aux opérateurs pour éviter une zone d'intempéries se trouvant sur l'itinéraire de l'aéronef. Par exemple, le troisième seuil est compris entre 3 et 8 minutes de vol.

Il va de soi que le seuil de temps S3 pourrait également être dynamique.

Les moyens de génération d'alertes 70 vont maintenant être plus particulièrement décrits. Lors de la réception d'un message d'activation d'une alerte, une information visuelle ou sonore est émise à l'attention des opérateurs.

A titre d'exemple, en référence à la figure 7, lors de l'activation d'une première, deuxième ou troisième alerte, un message d'alerte 72 est affiché sur l'écran de navigation ND. La nature du message affiché sur l'écran de navigation dépend de la nature de l'alerte (écart et/ou divergence). Si l'alerte est critique (première alerte A1), le message d'alerte 72 est clignotant ainsi que l'affichage 73 de l'altitude du plan de surveillance Zs sur l'écran de navigation ND. L'attention des opérateurs est alors immédiatement attirée. Plus le danger est important, plus l'alerte est intrusive.

Par ailleurs, les moyens de visualisation 10 peuvent également comprendre un deuxième écran de visualisation permettant de fournir des données de relief et des données météorologiques dans un plan vertical, c'est-à-dire à altitudes différentes. Cet écran, désigné écran vertical VD,

se présente sous la forme d'un rectangle dont le bord latéral gauche est gradué verticalement en altitude. Un symbole représentant un avion est affiché sur l'écran vertical VD à l'altitude de l'avion, le pilote pouvant ainsi facilement observer si des intempéries se forment au-dessus ou en-dessous de l'aéronef. Le symbole d'avion peut se déplacer verticalement sur l'écran vertical VD. L'altitude du plan de surveillance est affichée sur cet écran vertical VD sous la forme d'une ligne horizontale au niveau de la graduation correspondante si l'altitude du plan de surveillance se situe dans les limites de l'affichage de l'écran VD. La ligne horizontale est en butée avec un des bords de l'écran VD lorsque l'altitude du plan de surveillance excède les limites d'affichage de l'écran VD.

En référence à la figure 8, en cas d'alerte critique (première alerte A1), la ligne horizontale est affichée clignotante sur l'écran vertical VD. Ainsi, si les opérateurs sont en train de regarder l'écran vertical VD, leur attention est attirée. De même, l'inscription « ELEVN » dans le coin supérieur gauche de l'écran vertical pourrait clignoter pour alerter les opérateurs.

Il va de soi que la première alerte A1, qualifiée de critique, pourrait être mise en exergue par rapport aux deuxième et troisième alertes A2, A3 en modifiant la police ou la couleur des messages d'alerte affichés.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de génération d'alertes pour un système de visualisation de données météorologiques d'un aéronef, le système comprenant des moyens de visualisation (10) affichant les données météorologiques dans un plan de surveillance à une altitude déterminée (Z_s) alors que l'aéronef se trouve à son altitude courante (Z_p), procédé caractérisé par le fait que :

- on forme la différence d'altitude (D_z) entre ladite altitude courante (Z_p) et ladite altitude du plan de surveillance (Z_s) ;
- on compare ladite différence d'altitude (D_z) à un seuil d'écart prédéterminé (S_1) et
- on émet une première alerte (A_1)
 - i. si ladite différence d'altitude (D_z) atteint ou dépasse ledit seuil d'écart (S_1) et
 - ii. si ladite différence d'altitude (D_z) diverge.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on émet une deuxième alerte (A_2) :

- i. si ladite différence d'altitude (D_z) atteint ou dépasse ledit seuil d'écart (S_1) et
- ii. si ladite différence d'altitude (D_z) converge.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé par le fait que l'on mesure la vitesse verticale de l'aéronef (V_p) et on déduit que ladite différence d'altitude (D_z) diverge lorsque :

- i. ladite différence d'altitude (D_z) est positive et
- ii. ladite vitesse verticale de l'aéronef (V_p) est positive.

4. Procédé selon la revendication 1 à 3,
caractérisé par le fait que l'on mesure la vitesse verticale de l'aéronef (V_p)
et on déduit que ladite différence d'altitude (D_z) diverge lorsque :

- i. ladite différence d'altitude (D_z) est négative et
- 5 ii. ladite vitesse verticale de l'aéronef (V_p) est négative.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4,
caractérisé par le fait que l'on mesure la vitesse verticale de l'aéronef (V_p)
et on inhibe l'émission de ladite première alerte (A_1) lorsque ladite vitesse
10 verticale de l'aéronef (V_p) est, en valeur absolue, inférieure à un seuil de
vitesse prédéterminé (S_2).

6. Procédé selon la revendication 5,
caractérisé par le fait que l'on mesure la vitesse verticale de l'aéronef (V_p)
et on émet une troisième alerte (A_3) lorsque :

- 15 i. ladite vitesse verticale (V_p) est, en valeur absolue, supérieure audit seuil
de vitesse (S_2),
- ii. ladite différence d'altitude (D_z) diverge et
- iii. ladite différence d'altitude (D_z) est inférieure audit seuil d'écart (S_1).

20 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6,
caractérisé par le fait que l'on émet la première alerte (A_1) lorsque :

- i. ladite différence d'altitude (D_z) atteint ou dépasse ledit seuil d'écart
(S_1) pendant une durée égale ou supérieure à un seuil de temps prédé-
25 terminé (S_3) et
- ii. ladite différence d'altitude (D_z) converge.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7,
caractérisé par le fait que l'on affiche un message d'alerte sur les moyens
30 de visualisation (10) lors de l'émission d'une alerte (A_1 , A_2 , A_3).

9. Procédé selon la revendication 8,
caractérisé par le fait que l'on affiche un message clignotant d'alerte sur
les moyens de visualisation (10) lors de l'émission d'une première alerte
5 (A1).

10. Système de visualisation de données météorologiques pour un
aéronef, comportant au moins :

- des moyens de visualisation (10) affichant les données météorologiques
10 dans un plan de surveillance à une altitude déterminée (Z_s) ;
- des moyens d'acquisition de l'altitude courante (Z_p) de l'aéronef,
caractérisé par le fait qu'il comporte :
 - des moyens de traitement agencés pour
 - i. former la différence d'altitude (D_z) entre ladite altitude courante (Z_p)
15 et ladite altitude du plan de surveillance (Z_s) ;
 - ii. comparer ladite différence d'altitude (D_z) à un seuil d'écart (S_1) et
 - iii. détecter une divergence de ladite différence d'altitude (D_z) ; et
 - des moyens de génération d'alertes agencés pour émettre une première
alerte (A1) pour le pilote en cas
 - 20 i. d'atteinte ou de dépassement du seuil d'écart (S_1) par ladite diffé-
rence d'altitude (D_z) et
 - ii. de divergence de la différence d'altitude (D_z).

1/4

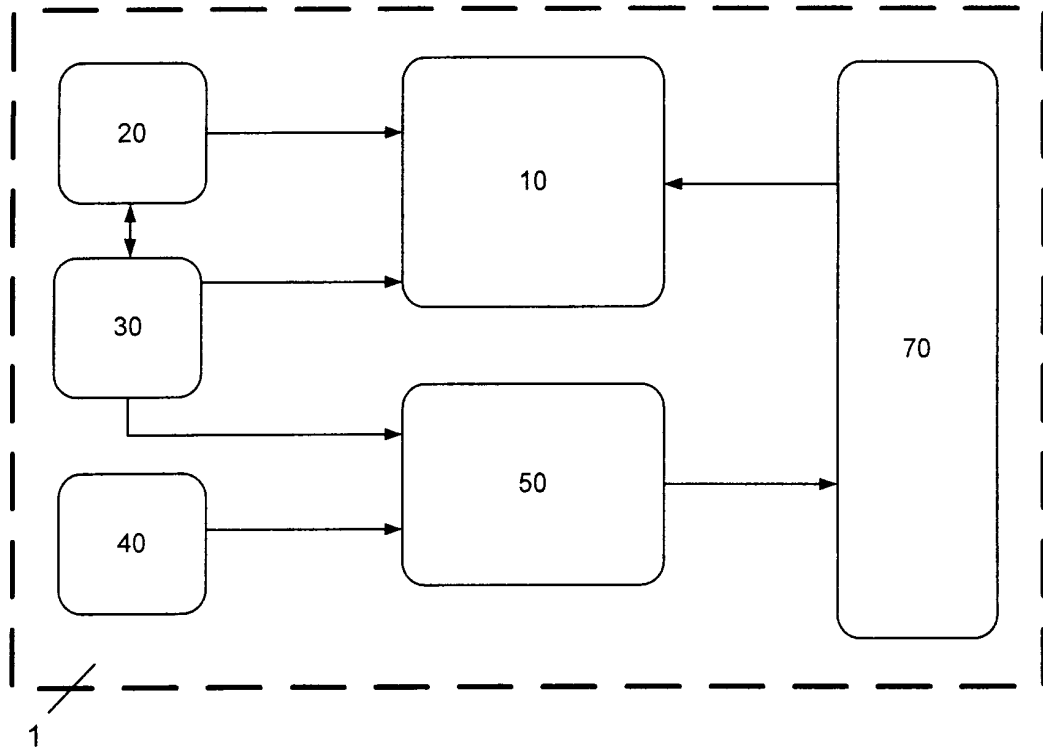


FIGURE 1

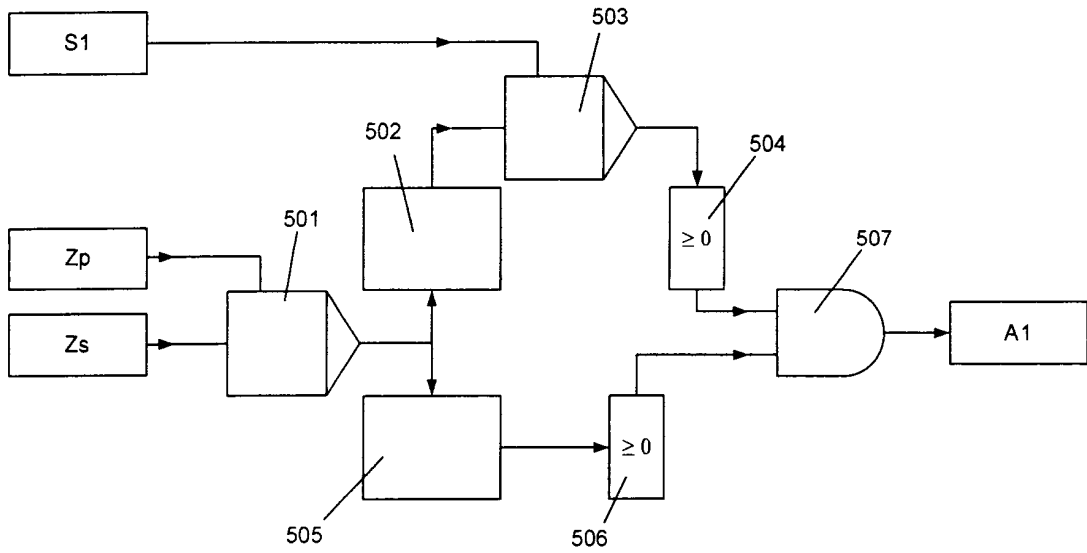


FIGURE 2

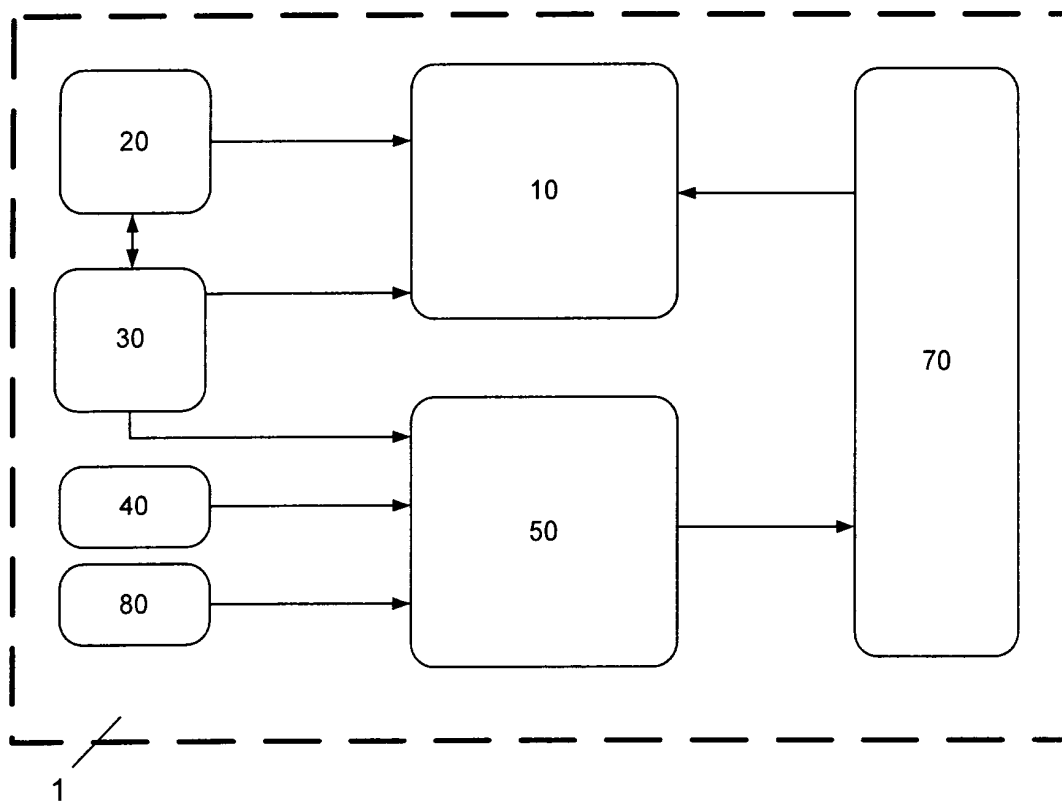


FIGURE 3

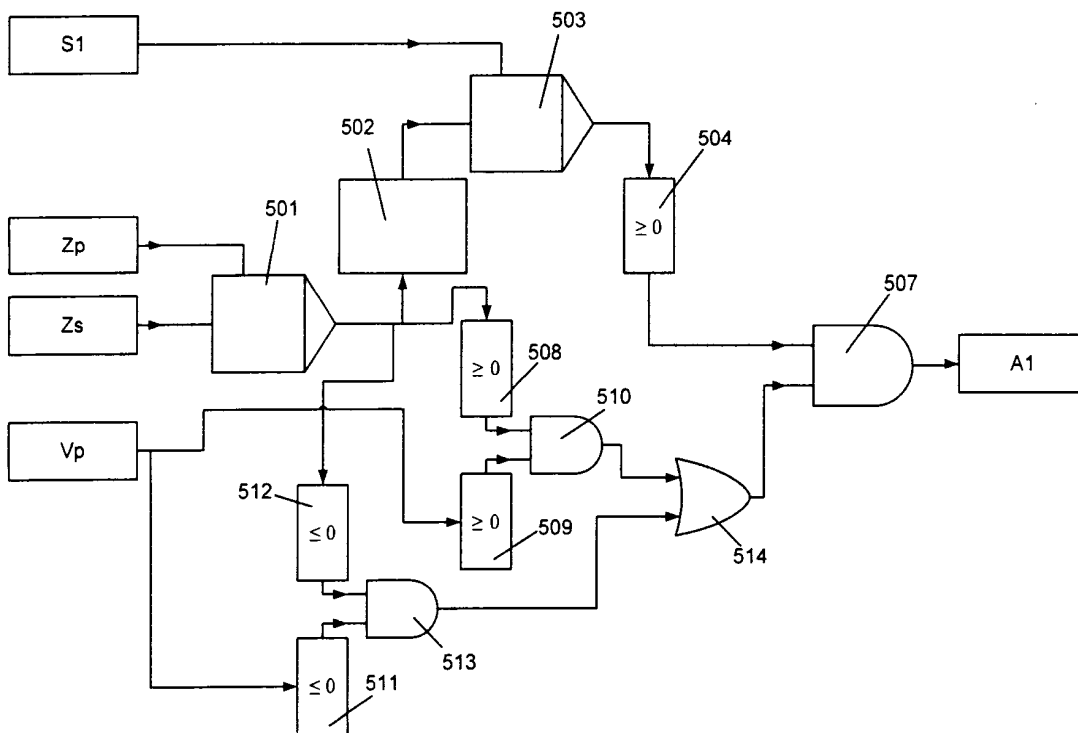


FIGURE 4

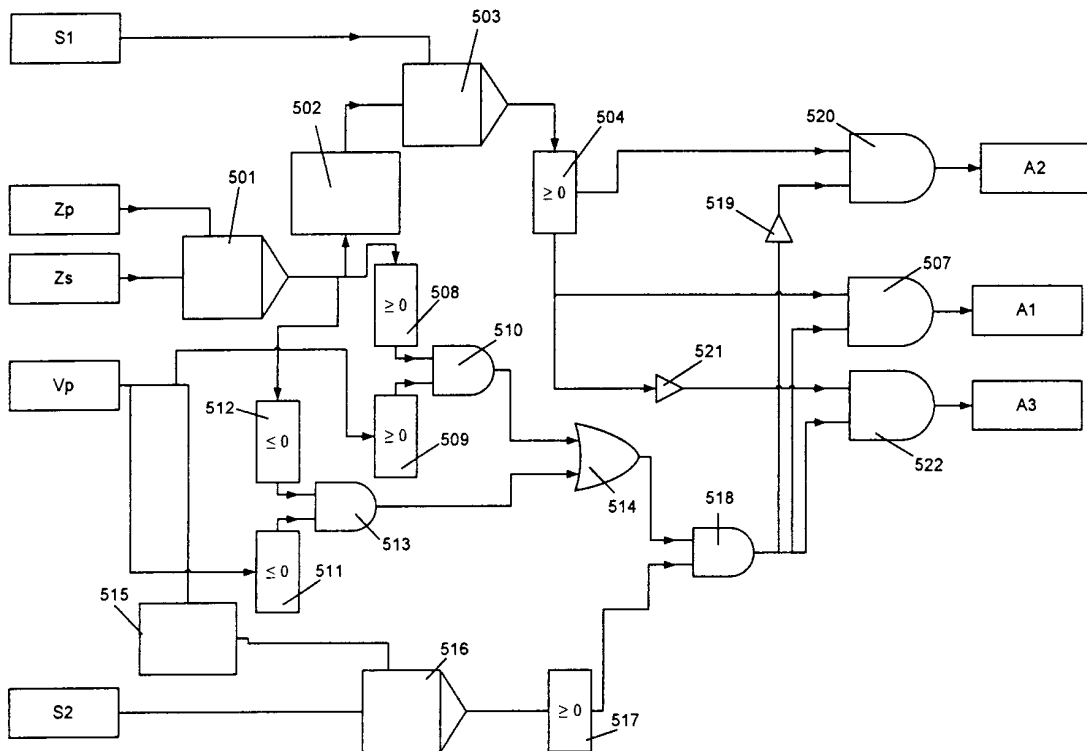


FIGURE 5

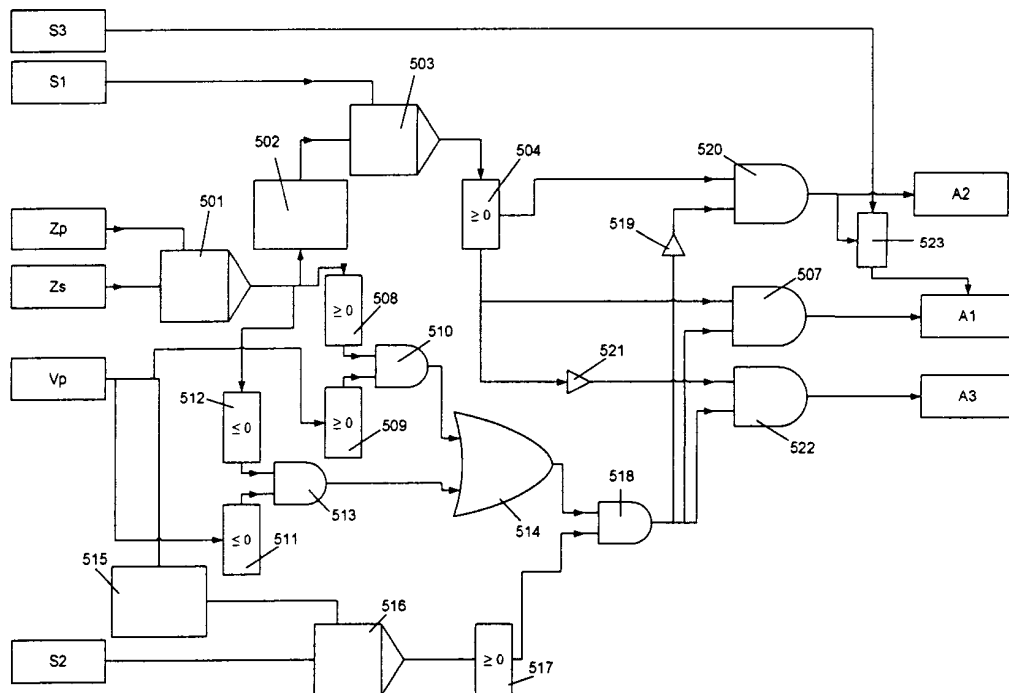


FIGURE 6

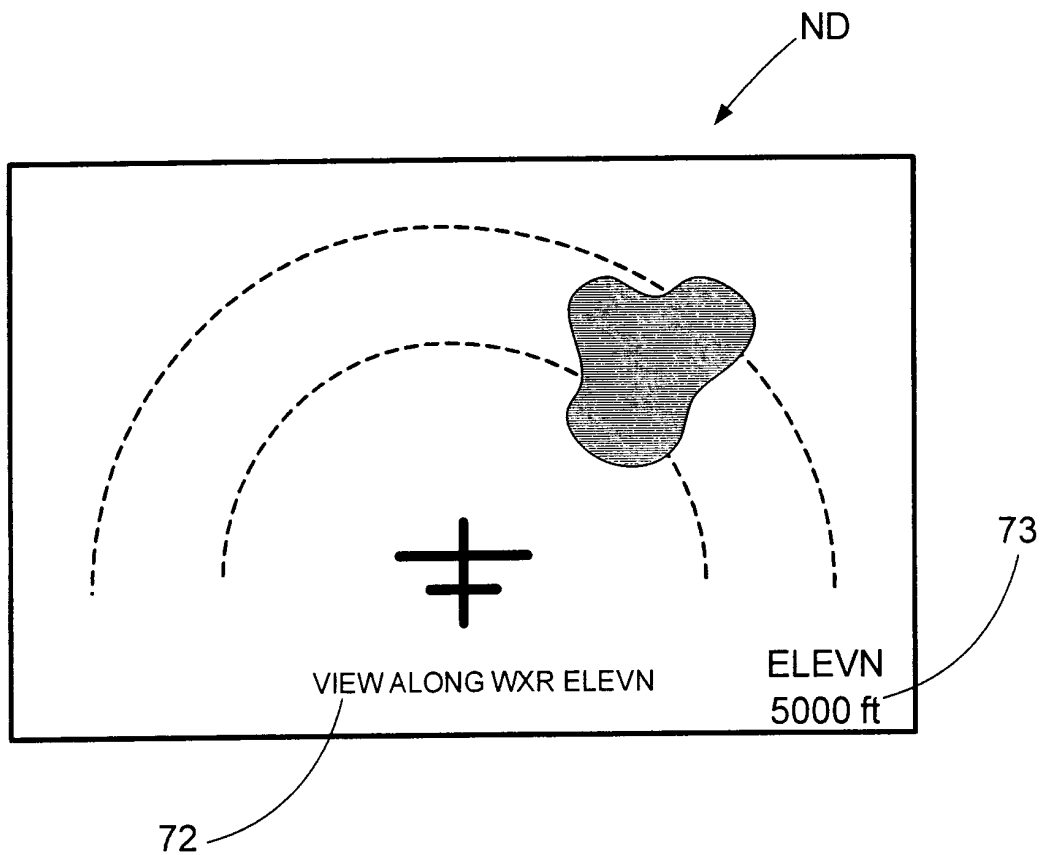


FIGURE 7

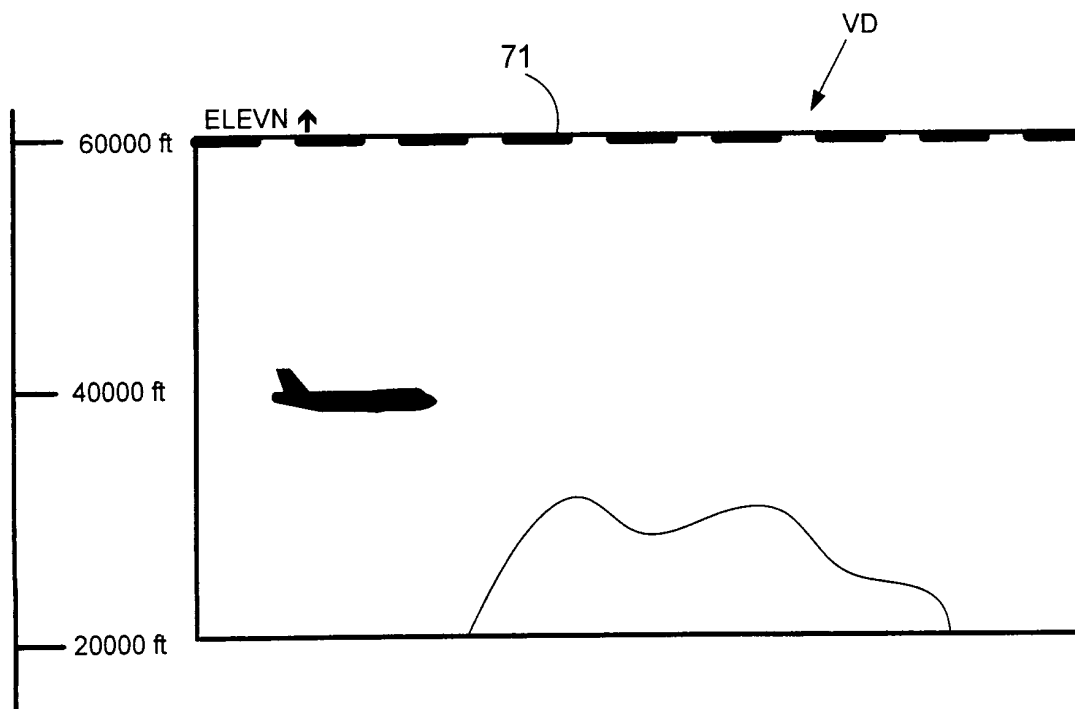


FIGURE 8

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0805574 FA 712855**

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 05-06-2009

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
WO 03008997	A	30-01-2003	EP	1415178 A1	06-05-2004
US 6381538	B1	30-04-2002	US	6650972 B1	18-11-2003
US 6002347	A	14-12-1999	US	6127944 A	03-10-2000
US 6549161	B1	15-04-2003	AUCUN		
WO 9210804	A	25-06-1992	EP	0562017 A1	29-09-1993
			JP	6503421 T	14-04-1994