

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②② Date de dépôt : 15.10.91.

③③ Priorité : 16.10.90 US 598140.

④③ Date de la mise à disposition du public de la demande : 30.04.92 Bulletin 92/18.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche : *Le rapport de recherche n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦① Demandeur(s) : Société dite : **SUNDSTRAND DATA CONTROL, INC. — US.**

⑦② Inventeur(s) : Muller Hans R.

⑦③ Titulaire(s) :

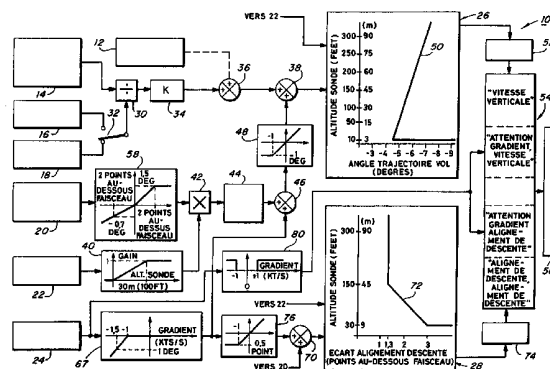
⑦④ Mandataire : Rinuy Santarelli.

⑤④ **Système d'avertissement de la proximité du sol.**

⑤⑦ L'invention concerne un système d'avertissement de la proximité du sol tenant compte de divers paramètres de vol tels que la présence de gradients de vent.

Il comporte des moyens (14, 16, 18, 30) destinés à produire un signal représentatif de l'angle de trajectoire de vol de l'aéronef, des moyens (26) destinés à générer un avertissement en réponse à cet angle et à l'altitude au-dessus du sol, en fonction d'un jeu prédéterminé de critères, des moyens (24) de détection d'une condition de gradient de vent et des moyens (67) destinés à modifier le jeu prédéterminé de critères pour déclencher un avertissement à des angles de trajectoire de vol moins raides en présence d'un gradient de vent à comportement décroissant.

Domaine d'application: instruments de pilotage d'aéronefs, etc.



L'invention concerne d'une manière générale des systèmes d'avertissement de la proximité du sol, du type qui contrôle divers paramètres de vol et génère un avertissement à l'apparition d'une condition de vol dangereuse, ainsi que des systèmes d'avertissement de gradients de vent qui détectent la présence d'une condition de gradient de vent et génèrent un avertissement lorsqu'une condition de gradient de vent dangereuse est détectée. L'invention concerne plus particulièrement un système d'avertissement pouvant être utilisé en particulier durant une approche à une phase d'atterrissage d'un vol. Le système détermine l'angle de la trajectoire de vol de l'aéronef durant une approche et génère un avertissement dans le cas où l'angle de la trajectoire de vol (négalif) est excessif pour l'altitude à laquelle l'aéronef vole. Les critères d'avertissement sont modifiés par un signal d'écart d'alignement de descente provenant d'un récepteur d'un système d'atterrissage aux instruments (ILS) et par un signal de gradient de vent provenant d'un détecteur de gradient de vent afin qu'un angle moins raide soit demandé pour la génération d'un avertissement si l'aéronef est au-dessous de l'alignement de descente ou si des gradients de vent sont présents. De plus, les critères d'avertissement d'alignement de descente sont modifiés durant la présence d'un gradient de vent de manière qu'un écart plus petit au-dessous de l'alignement de descente soit demandé pour générer un avertissement.

Divers systèmes d'avertissement sont connus dans l'art antérieur. Par exemple, les brevets des Etats-Unis d'Amérique N° 3 946 358, N° 3 947 808, N° 3 947 809, N° 4 060 793 et N° 4 215 334 décrivent des systèmes d'avertissement qui génèrent des avertissements durant une phase d'approche d'un vol lorsque le taux de descente de l'aéronef est excessif pour l'altitude à laquelle l'aéronef vole. Le brevet des Etats-Unis d'Amérique N° 3 925 751

décrit des systèmes qui contrôlent l'écart de l'aéronef au-dessous du faisceau d'alignement de descente et génèrent un avertissement si l'écart par rapport à l'alignement de descente est excessif. Les brevets des Etats-Unis d'Amérique N° 4 725 811 et N° 4 891 642 décrivent des systèmes d'avertissement de gradients de vent qui détectent l'apparition d'une condition de gradient de vent et génèrent un avertissement lors de l'apparition d'un gradient de vent à comportement décroissant, qui dépasse un niveau prédéterminé. Tous les brevets ci-dessus sont cités ici à titre de référence.

Bien que ces systèmes d'avertissement fournissent un avertissement lors de l'apparition d'un écart excessif par rapport à des conditions normales de fonctionnement du paramètre qu'ils contrôlent, il est possible qu'une combinaison de conditions qui ne sont pas individuellement suffisantes pour générer un avertissement dans les systèmes de l'art antérieur puisse être potentiellement dangereuse. Par exemple, un gradient de vent de faible intensité, d'une amplitude qui ne serait pas dangereuse en soi et qui ne provoquerait donc normalement pas la génération d'un avertissement, pourrait être dangereux s'il était combiné à d'autres conditions pouvant être dangereuses. Par exemple, un gradient de vent de faible intensité pourrait s'avérer dangereux en association avec un angle de descente excessivement raide ou dans le cas où l'aéronef se trouve au-dessous de l'alignement de descente, ou avec une combinaison de ceux-ci.

Il est également apparu que, bien que des systèmes qui avertissement d'un taux de descente excessif durant une approche à un atterrissage soient efficaces, la vitesse verticale varie durant une approche le long d'un alignement de descente de 3° pour différentes vitesses d'approche et différentes conditions de vent. En mesurant l'angle réel de la trajectoire de vol, on peut réduire un

grand nombre de ces variations, en particulier à des altitudes inférieures à 90 m au-dessus du sol.

Un objet de l'invention est donc de procurer un système d'avertissement amélioré qui surmonte un grand nombre des inconvénients des systèmes d'avertissement de l'art antérieur. Un autre objet de l'invention est de procurer des avertissements de conditions dangereuses qui peuvent ne pas être détectés par des systèmes d'avertissement de l'art antérieur. Un autre objet de l'invention est de procurer un système d'avertissement basé sur l'angle de la trajectoire de vol. Un autre objet encore de l'invention est de procurer un système d'avertissement de vol au-dessous de l'alignement de descente, qui est polarisé en fonction de gradients de vent de faible intensité. Un autre objet encore de l'invention est de procurer un système d'avertissement basé sur l'angle de la trajectoire de vol, qui est polarisé en fonction de gradients de vent de faible intensité. Un autre objet encore de l'invention est de procurer un système d'avertissement basé sur l'angle de la trajectoire de vol, qui est polarisé en fonction d'un écart au-dessous de l'alignement de descente.

Ainsi, selon une forme préférée de réalisation de l'invention, un système d'avertissement basé sur l'angle de la trajectoire de vol est proposé, en particulier à des altitudes inférieures à 90 m. Le système basé sur l'angle de la trajectoire de vol détermine l'angle de la trajectoire de vol, par exemple d'après la vitesse par rapport au sol ou d'après la vitesse vraie et la vitesse verticale barométrique ou inertielle. L'angle de la trajectoire de vol ainsi choisi est comparé à l'altitude à laquelle l'aéronef vole, et si l'angle de la trajectoire de vol est excessivement raide pour l'altitude à laquelle l'aéronef vole, un avertissement est généré. L'angle de la trajectoire de vol peut être polarisé soit par un signal de trajectoire au-dessous de l'alignement de descente, soit

par un signal de gradient de vent pour produire des avertissements précoces en présence d'une condition de trajectoire au-dessous de l'alignement de descente ou d'une condition de gradient de vent de faible intensité, ou des
5 deux. Le système utilise aussi une alerte de trajectoire au-dessous de l'alignement de descente qui est polarisée en fonction d'un gradient de vent pour produire des avertissements précoces de trajectoire au-dessous de l'alignement de descente dans le cas de gradients de vent de faible niveau,
10 diminuant les performances.

L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemples nullement limitatifs et sur lesquels :

la figure 1 est un schéma fonctionnel simplifié illustrant le système d'avertissement basé sur l'angle de la trajectoire de vol selon l'invention ;
15

la figure 2 est un graphique illustrant l'enveloppe d'avertissement basée sur l'angle de la trajectoire de vol du système de la figure 1, polarisée en fonction d'un écart de l'alignement de descente et d'un gradient de vent ;
20

la figure 3 est un graphique montrant le système d'avertissement d'alerte d'alignement de descente de la figure 1 polarisé en fonction du gradient de vent ;
25 et

la figure 4 est un graphique illustrant une enveloppe d'avertissement basée sur le taux de descente utilisée par le système à des altitudes plus élevées.

En référence à présent aux dessins, et en particulier à la figure 1, il est montré un système perfectionné d'avertissement désigné globalement par la référence numérique 10. Le système 10 reçoit des signaux de divers instruments et éléments distincts, tels qu'un sélecteur 12 d'aéroport, une source 14 de vitesse verticale barométrique ou inertielle telle qu'un circuit de taux
30
35

barométrique ou un système de guidage inertiel, une source
16 d'un signal de vitesse par rapport au sol, telle qu'un
capteur de vitesse par rapport au sol basé sur un radar
Doppler ou une source 18 de signal de vitesse vraie, un
5 récepteur 20 d'alignement de descente, une sonde altimétri-
que 22 et un détecteur 24 de gradient de vent qui peut être
un détecteur de gradient de vent du type décrit dans les
brevets N° 4 725 811 et N° 4 891 642 précités. Les signaux
décrits ci-dessus peuvent être obtenus à partir d'instru-
10 ments individuels comme illustré sur la figure 1 ou à
partir d'un bus de données, en particulier dans le cas
d'aéronefs nouveaux. Le sélecteur 12 d'aéroport contient
des données propres à des aéroports particuliers, telles
que les angles de faisceau d'alignement de détente qui sont
15 différents de l'angle normalisé de 3° de l'alignement de
descente, et il applique un signal de polarisation à la
jonction de sommation 36 pour effectuer une compensation
pour de telles variations, par exemple afin d'éviter des
avertissements intempestifs.

20 Le système selon l'invention génère deux
alertes définies par deux circuits 26 et 28 de définition
d'enveloppes, l'enveloppe 26 définissant un système
d'avertissement basé sur l'angle de la trajectoire de vol
et l'enveloppe 28 définissant un système d'avertissement
25 d'écart de l'alignement de descente. L'enveloppe 26
d'avertissement est polarisée à la fois en fonction de
l'écart de l'alignement de descente et du gradient de vent,
et l'enveloppe 28 d'écart de l'alignement de descente est
polarisée en fonction du gradient de vent.

30 Le système selon l'invention utilise un
diviseur 30 qui reçoit le signal de vitesse verticale
provenant de la source 14 et le divise soit par le signal
de vitesse par rapport au sol provenant de la source 16,
soit par le signal de vitesse vraie provenant de la source
35 18 du signal de vitesse vraie. De préférence, la source 16

de signal de vitesse par rapport au sol est utilisée, mais le signal de vitesse vraie peut être utilisé si l'on ne dispose pas d'un signal de vitesse par rapport au sol. Un commutateur 32 est utilisé pour sélectionner soit le signal
5 de vitesse par rapport au sol, soit le signal de vitesse vraie, et il peut être manoeuvré automatiquement ou manuellement. Le diviseur 30 produit en sortie un signal représentatif de l'angle de la trajectoire de vol, en radians, et ce signal est appliqué à un amplificateur 34 à
10 facteur d'échelle qui convertit l'angle de la trajectoire de vol en degrés. L'angle de la trajectoire de vol est ensuite appliqué au circuit d'enveloppe 26 par deux jonctions de sommation 36 et 38.

Le circuit d'enveloppe 26 reçoit le signal
15 provenant de la jonction de sommation 38 et génère un signal d'avertissement si l'angle de la trajectoire de vol est négatif à une pente plus raide que celle demandée par la sécurité à l'altitude à laquelle l'aéronef vole, cette altitude étant déterminée par le signal d'altitude reçu de
20 la sonde altimétrique 22. En particulier, avec l'enveloppe d'alerte de base, un avertissement est donné pour des combinaisons d'altitude et d'angle de trajectoire de vol qui se trouvent sur la droite d'une ligne 50. Le signal d'avertissement provenant du générateur 26 d'enveloppe est
25 appliqué à un circuit de retard 52 et, par suite, à un circuit 54 de priorité et de génération de sons vocaux qui génère l'un, approprié, de plusieurs avertissements audibles et applique cet avertissement à un annonceur 56 tel qu'un haut-parleur, un casque d'écoute ou un système de
30 communication dans le poste de pilotage.

Un signal d'écart d'alignement de descente provenant du récepteur 20 d'alignement de descente est également appliqué à la jonction 38 de sommation par l'intermédiaire d'un générateur 58 de fonction, d'un
35 multiplicateur 42, d'un circuit de poursuite et de blocage

44, d'une jonction 46 de sommation et d'un limiteur 48. Les composants précités servent à polariser l'enveloppe 26 de l'angle de la trajectoire de vol pour la rendre plus sensible lorsque l'aéronef est au-dessous de l'alignement de descente et moins sensible lorsqu'il se trouve au-dessus de l'alignement de descente. Un signal provenant de la sonde altimétrique 22 est appliqué au multiplicateur 42 par l'intermédiaire d'un générateur 40 de fonction. Le signal provenant du générateur 40 de fonction sert à réduire la polarisation d'écart d'alignement de descente du signal d'angle de trajectoire de vol pour des altitudes inférieures à 30 m. Au-dessus d'une altitude à la sonde de 30 m, l'enveloppe est polarisée de $1,5^\circ$ lorsque l'aéronef est de 2 points au-dessus du faisceau d'alignement de descente et de $-0,7^\circ$ lorsque l'aéronef est de 2 points au-dessous du faisceau d'alignement de descente, comme illustré par le générateur 58 de fonction. Les effets de la polarisation sont illustrés sur la figure 2 où les lignes 60 et 62 montrent les limites d'avertissement lorsque l'enveloppe a été polarisée pour des écarts de 1 et 2 points, respectivement, au-dessus du faisceau d'alignement de descente. Les lignes 64 et 66 illustrent l'enveloppe d'avertissement lorsque celle-ci a été polarisée pour 1 et 2 points au-dessous du faisceau d'alignement de descente, respectivement. Au-dessous d'une altitude à la sonde de 30 m, la polarisation est progressivement réduite à zéro alors que le signal appliqué par le générateur 40 de fonction au multiplicateur 42 est progressivement réduit à zéro à une altitude de 0 m. Etant donné que certains faisceaux d'alignement de descente ne sont pas utilisables au-dessous de 30 m, le circuit 44 de poursuite et de blocage est prévu pour poursuivre le signal d'écart d'alignement de descente tant que l'aéronef est à une altitude à la sonde supérieure à 30 m. Au-dessous de 30 m, l'écart moyen qui était précédemment mesuré à des altitudes

comprises entre 39 m et 30 m est déterminé et maintenu par le circuit 44 de poursuite et de blocage.

En plus de polariser l'enveloppe 26 d'avertissement en fonction de l'écart d'alignement de descente, l'enveloppe 26 est également polarisée en fonction du gradient de vent. Ceci est réalisé par l'application d'un signal de gradient de vent depuis le détecteur 24 de gradient de vent à la jonction 38 de sommation par l'intermédiaire d'un générateur 67 de fonction, de la jonction 46 de sommation et du limiteur 48. Le générateur 67 de fonction applique un signal de polarisation à la jonction 46 de sommation en présence de gradients à comportement décroissant de plus de 1 noeud (1852 m/h) par seconde. Dans la forme de réalisation illustrée, une polarisation de -1° est générée pour des gradients à comportement décroissant de 1,5 noeud par seconde et plus. Par conséquent, l'enveloppe d'avertissement est polarisée au maximum de 1° négatif comme illustré par la ligne 68 (figure 2) pour des gradients à comportement décroissant de 1,5 noeud par seconde et plus ; cependant, d'autres valeurs de polarisation pourraient être utilisées et la polarisation pourrait être établie en fonction de l'altitude, des polarisations plus grandes étant utilisées à des altitudes plus élevées.

Le système selon l'invention utilise aussi un avertissement d'écart d'alignement de descente qui est défini par le circuit 28 d'enveloppe d'avertissement de descente qui reçoit un signal d'écart d'alignement de descente provenant du récepteur 20 d'écart d'alignement de descente par l'intermédiaire d'une jonction 70 de sommation. Le générateur 28 d'avertissement d'alignement de descente reçoit aussi un signal provenant de la sonde altimétrique 22 et génère une alerte de trajectoire au-dessous de la ligne de descente si l'écart de la trajectoire au-dessous de l'alignement de descente est excessif

pour l'altitude à laquelle l'aéronef vole. En particulier, l'alerte est générée dans le cas d'une pénétration dans l'enveloppe au-dessus et à droite d'une ligne 72. Si une telle pénétration a lieu, le signal d'alerte est appliqué à un circuit à retard 74, puis au générateur vocal 54 et à l'annonceur 56 pour générer l'avertissement approprié.

Il est apparu que des gradients de vent de faible intensité, ayant des intensités inférieures à -1 noeud par seconde, qui sont insuffisantes pour provoquer un avertissement de gradient de vent normal dans un système de détection de gradient de vent, peuvent encore poser un problème lorsque l'aéronef est au-dessous de l'alignement de descente. Par conséquent, le signal de gradient de vent provenant du détecteur 24 de gradient de vent est appliqué à la jonction 70 de sommation par l'intermédiaire du générateur 67 de fonction et d'un générateur 76 de fonction afin de polariser l'enveloppe d'avertissement définie par la ligne 72 pour des gradients de vent négatifs. En particulier, l'enveloppe est polarisée de 0,5 point pour chaque degré de polarisation négative reçue du générateur 66 de fonction et est limitée à une polarisation maximale de 0,5 point. La polarisation maximale de l'enveloppe définie par la ligne 72 est illustrée par une ligne 78 (figure 3). Par conséquent, une alerte précoce de trajectoire au-dessous de l'alignement de descente est produite à l'apparition d'un gradient de vent à comportement décroissant.

Lorsqu'un avertissement ou un renseignement est donné, il est souhaitable de fournir au pilote une information définissant le type particulier de condition dangereuse de vol rencontrée. Par conséquent, le générateur vocal 54 est programmé avec différents messages et le message approprié est choisi suivant le type de condition dangereuse rencontrée. Ainsi, en plus de recevoir l'avertissement basé sur l'angle de la trajectoire de vol

provenant du circuit à retard 52 et le renseignement de trajectoire au-dessous de l'alignement de descente provenant du circuit à retard 74, une information distincte de gradient de faible intensité est également appliquée au

5 générateur vocal 54. L'information distincte de gradient de faible intensité est produite par un comparateur 80 à fenêtre qui réagit à des signaux de gradient de vent à comportement à la fois croissant et décroissant, reçus du

10 détecteur 24 de gradient de vent, et qui applique un signal de sortie au générateur vocal 54 lorsque le signal de gradient de vent provenant du détecteur 24 de gradient de vent dépasse ± 1 noeud par seconde. L'information discrète de gradient de faible intensité provenant du comparateur à

15 fenêtre 80 est utilisée conjointement avec les signaux provenant des circuits à retard 52 et 54 pour sélectionner l'avertissement spécifique à donner. Par exemple, si un avertissement basé sur l'angle de la trajectoire de vol est reçu du générateur à retard 52 en l'absence d'une informa-

20 tion discrète de gradient de faible intensité provenant du comparateur à fenêtre 80, un message tel que "VITESSE VERTICALE" peut être généré. Si un gradient de vent à faible intensité était également présent, le message pourrait être modifié pour devenir "ATTENTION GRADIENT, VITESSE VERTICALE". Similairement, si une alerte de

25 trajectoire au-dessous de l'alignement de descente était reçue du circuit à retard 74 en l'absence d'une information distincte de gradient de vent, le message pourrait être "ALIGNEMENT DE DESCENTE, ALIGNEMENT DE DESCENTE". En présence de l'information distincte de gradient de faible

30 intensité, le message pourrait être modifié en "ATTENTION GRADIENT, ALIGNEMENT DE DESCENTE". Par conséquent, les particularités de la situation rencontrée peuvent être communiquées au pilote au moyen des messages décrits ou de messages similaires.

Comme indiqué précédemment, l'enveloppe 26 basée sur l'angle de la trajectoire de vol est particulièrement efficace pour des altitudes inférieures à 90 m au-dessus du sol. Pour des altitudes plus élevées, l'enveloppe peut être étendue par un prolongement de la ligne 50 vers des altitudes plus élevées ou bien, en variante, l'avertissement peut être commuté sur une enveloppe basée sur un avertissement de taux de descente barométrique, telle que l'enveloppe montrée sur la figure 4 au-dessus d'une altitude prédéterminée telle que, par exemple, 90 m. L'enveloppe d'avertissement illustrée sur la figure 4 est l'une des enveloppes utilisées dans le système décrit dans le brevet N° 4 215 334 précité. L'enveloppe illustrée sur la figure 4 compare le taux de descente barométrique (ou un taux de descente d'origine inertielle) à l'altitude au-dessus du sol, et génère un avertissement si le taux de descente est excessif pour l'altitude à laquelle l'aéronef vole. Si le taux de descente n'est que modérément excessif, l'avertissement "VITESSE VERTICALE" est donné, tandis que l'avertissement "RESSOURCE" est donné pour des taux de descente plus grands. La commutation peut être réalisée par des dispositifs de commutation classiques qui contrôlent l'altitude à la sonde et commutent entre l'enveloppe 26 basée sur l'angle de trajectoire de vol (figure 1) et l'enveloppe de la figure 4, basée sur le taux de descente barométrique, à l'altitude prédéterminée au-dessus du sol. En variante, dans certains systèmes, il peut être souhaitable d'utiliser les enveloppes de la figure 1 et de la figure 4 simultanément.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au système décrit et représenté sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Système d'avertissement de la proximité du sol pour avertir le pilote d'un aéronef d'une condition de vol dangereuse durant une approche à un atterrissage, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (14, 16, 18, 30) destinés à produire un signal représentatif de l'angle de la trajectoire de vol de l'aéronef, des moyens (26) qui, en réponse aux signaux d'angle de trajectoire de vol et d'altitude au-dessus du sol, génèrent un avertissement en fonction d'un jeu prédéterminé de critères si l'angle de la trajectoire de vol est raide pour l'altitude au-dessus du sol à laquelle l'aéronef vole, des moyens (24) destinés à détecter une condition de gradient de vent, et des moyens (67) qui, en réponse à la détection d'une condition de gradient de vent, modifient le jeu prédéterminé de critères pour provoquer la génération de l'avertissement à des angles de trajectoire de vol moins raides en présence d'un gradient de vent à comportement décroissant.

2. Systèmes d'avertissement de la proximité du sol selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens réagissant au gradient de vent réagissent à un gradient de vent à comportement décroissant pour modifier lesdits critères.

3. Système d'avertissement de la proximité du sol selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens (20) destinés à recevoir un signal d'alignement de descente et à produire un signal d'écart d'alignement de descente représentatif de l'écart de l'aéronef par rapport à l'alignement de descente, et des moyens (58) qui, en réponse au signal d'écart d'alignement de descente, modifient le jeu prédéterminé de critères pour provoquer la génération de l'avertissement à des angles de trajectoire de vol moins raides en présence d'une condition de trajectoire de vol au-dessous de l'alignement de descente.

4. Système d'avertissement de la proximité du sol suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens (14) destinés à recevoir un signal représentatif de la vitesse verticale de l'aéronef, des moyens (16) destinés à recevoir un signal représentatif de la vitesse horizontale de l'aéronef, des moyens (22) destinés à recevoir un signal représentatif de l'altitude de l'aéronef au-dessus du sol, et des moyens (20, 34) qui, en réponse aux signaux vertical et horizontal, sont destinés à générer le signal représentatif de l'angle de la trajectoire de vol de l'aéronef.

5. Système d'avertissement de la proximité du sol destiné à avertir le pilote d'un aéronef d'une condition de vol dangereuse durant une approche à un atterrissage, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (14, 16, 18, 30) destinés à produire un signal représentatif de l'angle de la trajectoire de vol de l'aéronef, des moyens (26) qui, en réponse aux signaux d'angle de trajectoire de vol et d'altitude au-dessus du sol, sont destinés à générer un avertissement en fonction d'un jeu prédéterminé de critères si l'angle de la trajectoire de vol est trop raide pour l'altitude au-dessus du sol à laquelle l'aéronef vole, des moyens (20) destinés à recevoir un signal d'alignement de descente et à produire un signal d'écart d'alignement de descente représentatif de l'écart de l'aéronef par rapport à l'alignement de descente, et des moyens (58) qui, en réponse au signal d'écart d'alignement de descente, sont destinés à modifier le jeu prédéterminé de critères pour provoquer la génération d'un avertissement avec des angles de trajectoire de vol moins raides en présence d'une condition de trajectoire de vol au-dessous de l'alignement de descente.

6. Système d'avertissement de la proximité du sol selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens (14) destinés à recevoir un

signal représentatif de la vitesse verticale de l'aéronef, des moyens (16) destinés à recevoir un signal représentatif de la vitesse horizontale de l'aéronef, des moyens (22) destinés à recevoir un signal représentatif de l'altitude de l'aéronef au-dessus du sol, et des moyens (30, 34) qui, en réponse aux signaux vertical et horizontal, sont destinés à générer le signal représentatif de l'angle de trajectoire de vol de l'aéronef.

7. Système d'avertissement de proximité du sol pour avertir le pilote d'un aéronef d'une condition de vol dangereuse durant une approche à un atterrissage, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (14) destinés à recevoir un signal représentatif de la vitesse verticale de l'aéronef, des moyens (16) destinés à recevoir un signal représentatif de la vitesse horizontale de l'aéronef, des moyens (22) destinés à recevoir un signal représentatif de l'altitude au-dessus du sol de l'aéronef, des moyens (30, 34) qui, en réponse aux signaux vertical et horizontal, sont destinés à générer le signal représentatif de l'angle de la trajectoire de vol de l'aéronef, des moyens mis en oeuvre au-dessus d'une altitude prédéterminée et qui, en réponse aux signaux de vitesse vertical et d'altitude au-dessus du sol, sont destinés à générer un avertissement en fonction d'un jeu prédéterminé de critères si la vitesse verticale est excessive dans un sens négatif pour l'altitude à laquelle l'aéronef vole, et des moyens (54) mis en oeuvre au-dessous de ladite altitude prédéterminée et qui, en réponse aux signaux d'angle de trajectoire de vol et d'altitude au-dessus du sol, sont destinés à générer un avertissement en fonction d'un second jeu prédéterminé de critères si l'angle de la trajectoire de vol est trop raide pour l'altitude à laquelle l'aéronef vole.

8. Système d'avertissement de la proximité du sol selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens (20, 28) destinés à recevoir

un signal d'alignement de descente et à produire un signal d'écart d'alignement de descente représentatif de l'écart de l'aéronef par rapport à l'alignement de descente, et des moyens (58, 42, 44) qui, en réponse au signal d'écart d'alignement de descente, sont destinés à modifier le jeu prédéterminé de critères pour provoquer la génération d'un avertissement à des angles de trajectoire de vol moins raides en présence d'une condition de trajectoire de vol au-dessous de l'alignement de descente.

5
10
15
9. Système d'avertissement de proximité du sol selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens (24), destinés à produire un signal de gradient de vent représentatif d'un gradient de vent, et des moyens (67, 80) qui, en réponse au signal de gradient de vent, sont destinés à modifier le jeu prédéterminé de critères pour provoquer la génération de l'avertissement à des angles de trajectoire de vol moins raides en présence d'une condition de gradient de vent.

20
10. Système d'avertissement de proximité du sol selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens réagissant à un gradient de vent réagissent à un gradient de vent à comportement décroissant pour modifier lesdits critères.

25
30
35
11. Système d'avertissement de la proximité du sol destiné à avertir le pilote d'un aéronef d'une condition de vol dangereuse durant une approche à un atterrissage, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (28) destinés à produire un signal représentatif de l'écart de l'aéronef par rapport à l'alignement de descente, des moyens (42, 44, 46) qui, en réponse aux signaux d'écart d'alignement de descente et d'altitude au-dessus du sol, sont destinés à générer un avertissement en fonction d'un jeu prédéterminé de critères si l'écart de l'aéronef au-dessous de l'alignement de descente est excessif pour l'altitude au-dessus du sol à laquelle l'aéronef vole, des

moyens (24) destinés à détecter une condition de gradient de vent, et des moyens (67, 80) qui, en réponse à la détection d'une condition de gradient de vent, sont destinés à modifier le jeu prédéterminé de critères pour provoquer une génération de l'avertissement à des écarts inférieurs au-dessous de l'alignement de descente en présence d'un gradient de vent à comportement décroissant.

12. Système d'avertissement de proximité du sol selon la revendication 11, caractérisé en ce que les moyens réagissant à un gradient de vent réagissent à un gradient de vent à comportement décroissant pour modifier lesdits critères.

FIG. 1

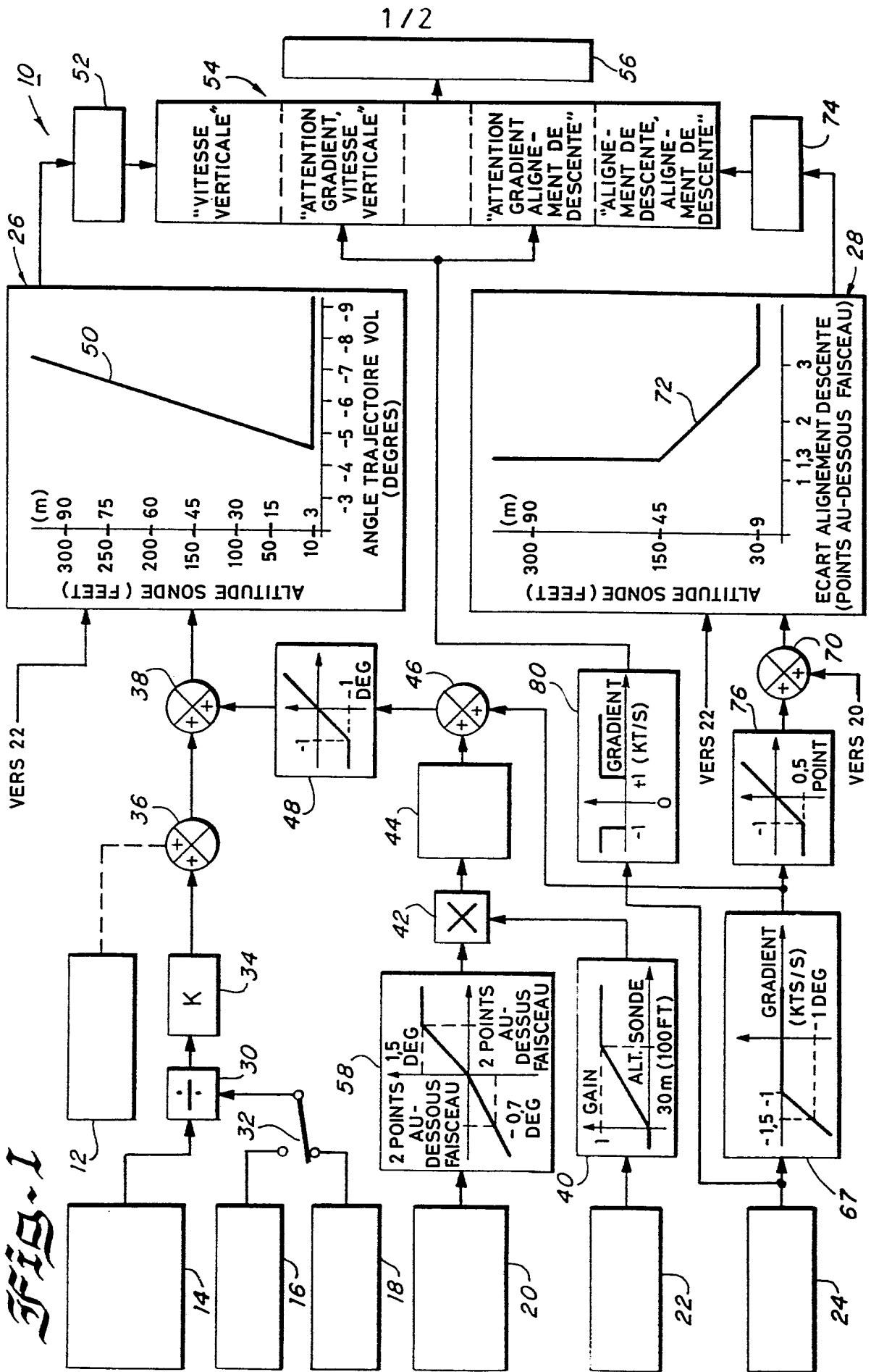


Fig. 2

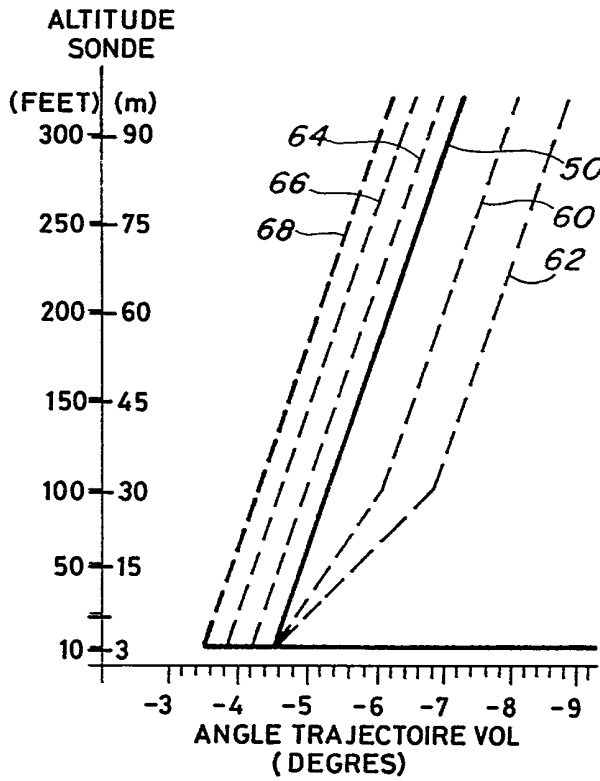


Fig. 3

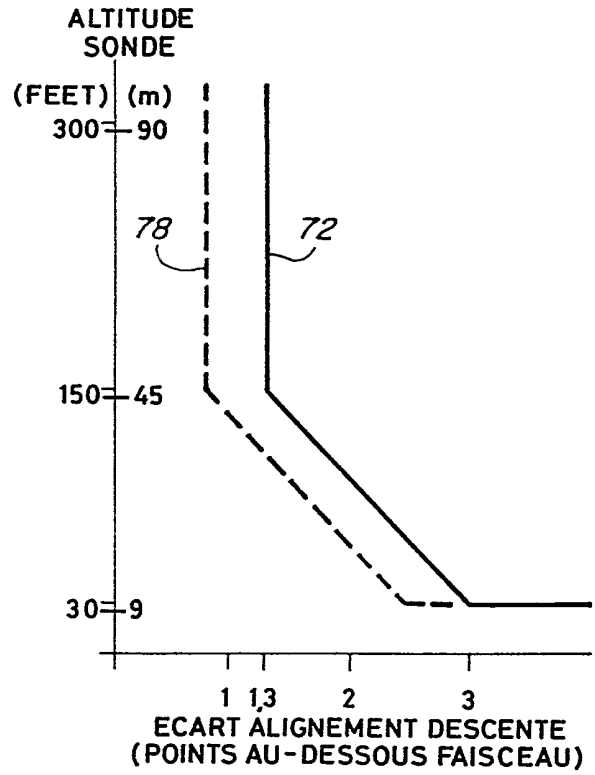


Fig. 4

