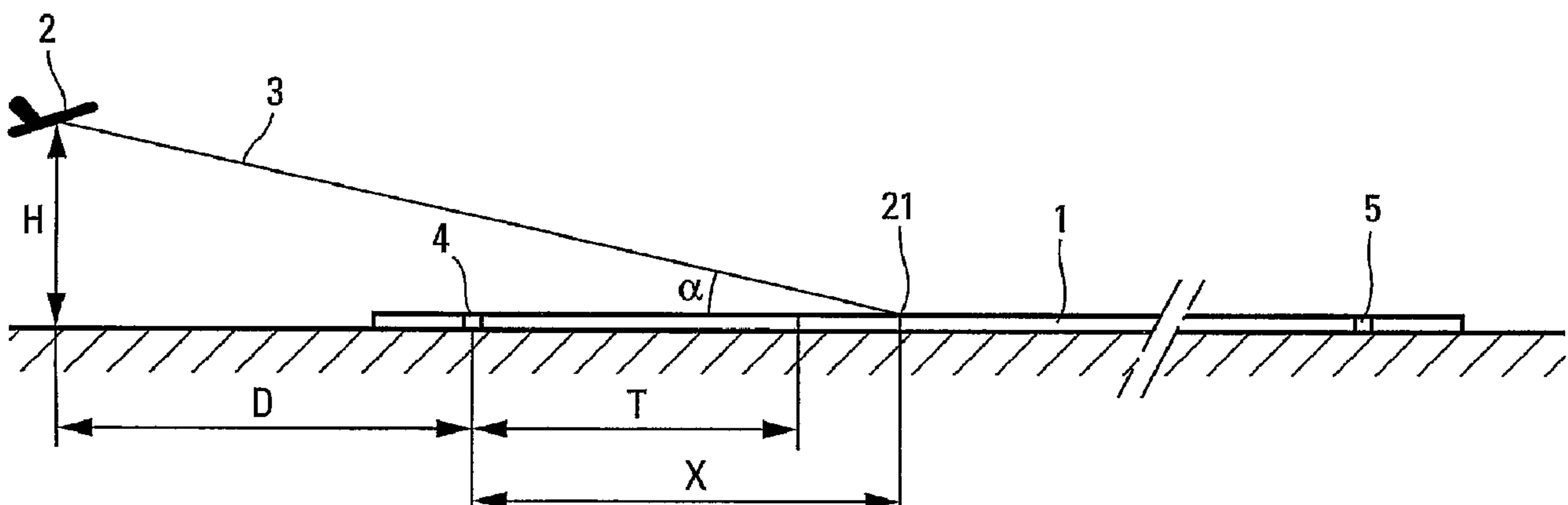




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2007/02/13
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2007/08/23
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2008/07/24
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2007/000247
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2007/093698
(30) Priorité/Priority: 2006/02/17 (FR06 01395)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *G05D 1/00* (2006.01),
B64D 45/04 (2006.01), *G05D 1/06* (2006.01)
(71) Demandeur/Applicant:
AIRBUS FRANCE, FR
(72) Inventeur/Inventor:
CAULE, NICOLAS, FR
(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PROCEDE ET SYSTEME POUR PREDIRE LA POSSIBILITE D'ARRET COMPLET D'UN AERONEF SUR
UNE PISTE D'ATTERISSAGE
(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR PREDICTING THE POSSIBILITY OF COMPLETE STOPPAGE OF AN
AIRCRAFT ON A LANDING RUNWAY



(57) **Abrégé/Abstract:**

Procédé et système pour prédire la possibilité d'arrêt complet d'un aéronef sur une piste d'atterrissage. Selon l'invention : a) on mesure l'altitude (H) de l'aéronef (2) et on calcule la distance horizontale (D) séparant ledit aéronef (2) du seuil d'extrémité proximal (4) de la piste d'atterrissage (1) ; b) on calcule, à partir de l'altitude (H) et de la distance horizontale (D) déterminées sous a), ainsi qu'à partir de l'angle d'approche (α), une position d'aboutissement estimée (21) dudit aéronef sur ladite piste d'atterrissage (1) ; et c) on exploite ladite position d'aboutissement estimée (21) calculée sous b) pour déterminer ladite possibilité.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété

Intellectuelle
Bureau international

PCT

(43) Date de la publication internationale
23 août 2007 (23.08.2007)(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/093698 A1(51) Classification internationale des brevets :
G05D 1/00 (2006.01) **B64D 45/04** (2006.01)
G05D 1/06 (2006.01)Nicolas [FR/FR]; 10, Allée du Docteur Zamenhof, Apt. 3
- Rés. Charlotte, F-31100 Toulouse (FR).(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2007/000247(74) Mandataire : **CABINET BONNETAT**; 29, rue de St Pe-
tersbourg, F-75008 Paris (FR).(22) Date de dépôt international :
13 février 2007 (13.02.2007)(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt : français

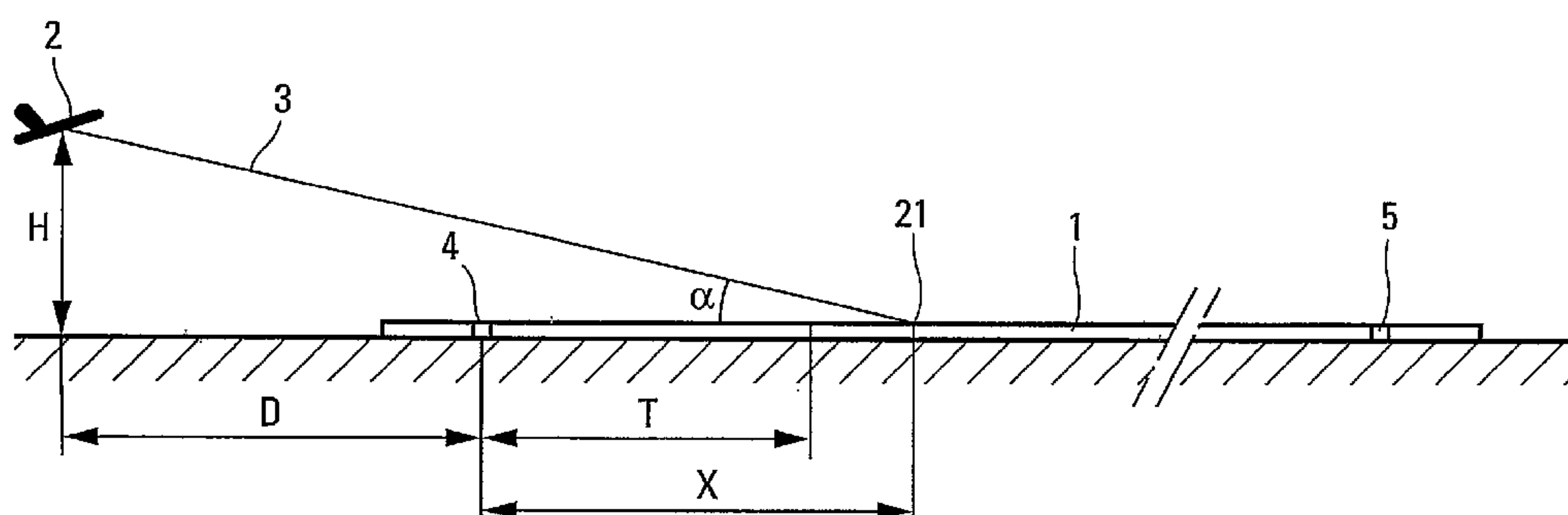
(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
06 01395 17 février 2006 (17.02.2006) FR(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : **AIR-
BUS FRANCE** [FR/FR]; 316, route de Bayonne, F-31060
Toulouse (FR).(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (*pour US seulement*) : **CAULE,**

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR PREDICTING THE POSSIBILITY OF COMPLETE STOPPAGE OF AN AIRCRAFT
ON A LANDING RUNWAY(54) Titre : PROCÉDE ET SYSTÈME POUR PRÉDIRE LA POSSIBILITÉ D'ARRÊT COMPLET D'UN AÉRONEF SUR UNE
PISTE D'ATERRISSAGE(57) Abstract: Method and system for predicting the possibility of complete stoppage of an aircraft on a landing runway. According to the invention: a) the altitude (H) of the aircraft (2) is measured and the horizontal distance (D) separating said aircraft (2) from the proximal end threshold (4) of the landing runway (1) is calculated; b) an estimated finishing position (21) of said aircraft on said landing runway (1) is calculated on the basis of the altitude (H) and of the horizontal distance (D) determined in a), as well as on the basis of the angle of approach (α); and c) said estimated finishing position (21) calculated in b) is utilized to determine said possibility.(57) Abrégé : Procédé et système pour prédire la possibilité d'arrêt complet d'un aéronef sur une piste d'atterrissage. Selon l'invention : a) on mesure l'altitude (H) de l'aéronef (2) et on calcule la distance horizontale (D) séparant ledit aéronef (2) du seuil d'extrémité proximal (4) de la piste d'atterrissage (1) ; b) on calcule, à partir de l'altitude (H) et de la distance horizontale (D) déterminées sous a), ainsi qu'à partir de l'angle d'approche (α), une position d'aboutissement estimée (21) dudit aéronef sur ladite piste d'atterrissage (1) ; et c) on exploite ladite position d'aboutissement estimée (21) calculée sous b) pour déterminer ladite possibilité.

WO 2007/093698 A1



ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Procédé et système pour prédire la possibilité d'arrêt complet d'un aéronef sur une piste d'atterrissage

La présente invention concerne un procédé et un système pour prédire la possibilité pour un aéronef de s'arrêter complètement sur une piste d'atterrissage.

On sait que, à l'atterrissage, un aéronef peut sortir longitudinalement de la piste d'atterrissage, en bout de celle-ci, du fait, par exemple, que ledit aéronef, à la fin de sa trajectoire d'approche, a touché la piste trop loin du seuil proximal de piste (on parle alors d'"atterrissage long"). Un tel accident peut être aggravé par une vitesse d'atterrissage excessive.

Dans la technique antérieure, on connaît un système, appelé "Runway Awareness and Advisory System", fournissant au pilote d'un aéronef en phase finale d'atterrissage, c'est-à-dire roulant sur la piste en étant freiné, une information parlée concernant la longueur de piste restant à parcourir avant le seuil distal de ladite piste. Une telle information est très utile, mais elle est tardive et ne peut fournir une alerte sur un atterrissage trop long.

Par ailleurs, par exemple par les documents US-5 142 478 et WO 01/57827, on connaît des systèmes d'aide à l'atterrissage pour des aéronefs suivant une trajectoire d'approche. De tels systèmes permettent donc de fournir des alertes en temps voulu pour prendre des dispositions appropriées à une correction d'approche ou à une remise des gaz. Cependant, le premier de ces documents exige la mise en place de moyens de transmission dédiés à terre, alors que le second est complexe, prenant en compte une pluralité de paramètres, dont un taux de décélération estimé.

La présente invention a pour objet de remédier à ces inconvénients grâce à un procédé et à un système simples, susceptibles de permettre

d'éviter les accidents de sortie longitudinale en bout de piste d'atterrissage et donc d'améliorer la sécurité des vols.

A cette fin, selon l'invention, le procédé pour prédire la possibilité pour un aéronef de s'arrêter complètement, lors de son atterrissage, sur une piste d'atterrissage, alors que ledit aéronef est encore en vol et descend vers ladite piste d'atterrissage en suivant une trajectoire d'approche inclinée formant un angle d'approche avec ladite piste d'atterrissage, ladite piste d'atterrissage comportant deux seuils d'extrémité, est remarquable en ce que :

- a) on mesure l'altitude dudit aéronef et on calcule la distance horizontale séparant ledit aéronef du seuil d'extrémité proximal de ladite piste d'atterrissage ;
- b) on calcule, à partir de l'altitude et de la distance horizontale déterminées sous a), ainsi qu'à partir dudit angle d'approche, une position d'aboutissement estimée dudit aéronef sur ladite piste d'atterrissage ;
et
- c) on exploite ladite position d'aboutissement estimée sous b) pour déterminer ladite possibilité.

Ainsi, grâce à la présente invention, on peut obtenir de façon simple, dès avant le contact de l'aéronef avec la piste d'atterrissage, une information sur le fait que l'atterrissage sera long ou non, ce qui donne le temps de prendre des mesures pour remédier aux inconvénients d'un tel atterrissage long.

Afin que la précision sur la position d'aboutissement estimée soit aussi bonne que possible, on effectue lesdites étapes a) et b) de façon répétitive pendant au moins une partie de la descente de l'aéronef sur ladite trajectoire d'approche.

L'angle d'approche utilisé dans l'étape b) peut être fourni par une base de données concernant la piste d'atterrissage. En variante, cet angle

d'approche peut être calculé à bord de l'aéronef, à partir des informations inertielles délivrées par la centrale inertielle de bord.

De préférence, l'altitude utilisée dans l'étape d) est fournie par un radioaltimètre. Quant à elle, la distance horizontale, séparant ledit aéronef du seuil d'extrémité proximal de ladite piste d'atterrissage, peut être obtenue à partir d'informations de positionnement dudit aéronef délivrées par un système satellitaire de positionnement et d'informations délivrées par une base de données contenant au moins le positionnement du seuil proximal de ladite piste d'atterrissage.

Dans une forme de mise en œuvre particulièrement simple du procédé conforme à la présente invention, ladite position d'aboutissement estimée est définie par sa distance X audit seuil d'extrémité proximal et cette distance X est choisie égale à $X = (H/\operatorname{tg}\alpha) - D$, expression dans laquelle H est l'altitude de l'aéronef sur la trajectoire d'approche, $\operatorname{tg}\alpha$ est la tangente de l'angle d'approche α et D est la distance horizontale séparant l'aéronef dudit seuil d'extrémité proximal.

On remarquera qu'une telle définition de la position d'aboutissement estimée, qui permet des calculs simples, n'est toutefois pas exacte, car elle néglige l'arrondi d'atterrissage entre la fin de la trajectoire d'approche et la piste d'atterrissage. Cependant, le manque de précision qui en résulte est sans conséquence, car il peut en être tenu compte dans l'étape c) du procédé.

On remarquera de plus que, à une fin différente de celle de la présente invention –à savoir la détermination de la position d'un aéronef par rapport à une piste d'atterrissage et non pas la prédiction d'un arrêt sur cette dernière– le document US-4 316 252 utilise également une position d'aboutissement estimée, déterminée à partir de l'altitude de l'aéronef et de l'angle d'approche. Cependant, dans le système du document US-4 316 252, la distance entre la position d'aboutissement estimée et ledit

seuil proximal de la piste d'atterrissage est supposée connue (alors que, dans la présente invention, cette distance est l'inconnue à déterminer) et la distance horizontale entre l'aéronef et ledit seuil proximal est l'inconnue à déterminer (alors que, dans la présente invention, cette dernière distance est précalculée par ailleurs à partir d'informations de positionnement concernant l'aéronef et ledit seuil proximal).

Pour la mise en œuvre de l'étape c), on peut, par exemple :

- comparer ladite distance entre ladite position d'aboutissement estimée et ledit seuil proximal de la piste d'atterrissage à une valeur limite de référence, en deçà de laquelle ledit aéronef doit pouvoir s'arrêter complètement sur ladite piste d'atterrissage et au-delà de laquelle ledit aéronef ne peut s'arrêter sur cette dernière ; ou bien
- additionner une distance d'atterrissage estimée à ladite distance entre ladite position d'aboutissement estimée et ledit seuil d'extrémité proximal, puis comparer la somme de distances ainsi obtenue à la longueur de la piste d'atterrissage.

Dans le premier cas, ladite valeur limite de référence peut être déterminée par l'expérience ou par le calcul : elle dépend bien entendu du type de l'aéronef, de ses performances de freinage, de l'état de la piste, des conditions météorologiques, etc ... Dans le second cas, ladite distance d'atterrissage estimée peut être une valeur fixe de précaution, ou bien être calculée en temps réel à partir d'une base de données de performances à l'atterrissage, ou bien encore issue d'un modèle dynamique de calcul de la distance d'arrêt. Dans les deux cas, à ladite valeur limite de référence et à ladite distance d'atterrissage estimée, on peut incorporer des marges de sécurité, entre autres pour tenir compte de l'arrondi d'atterrissage, comme mentionné ci-dessus.

Si ladite distance entre la position d'aboutissement estimée et ledit seuil d'extrémité proximal est supérieure à ladite valeur limite de réf-

rence, ou bien si ladite somme de distances est supérieure à la longueur de la piste d'atterrissage, on peut :

- émettre une ou plusieurs alarmes (sonore, lumineuse, etc ...) à l'attention de l'équipage, qui peut alors procéder à une remise des gaz et à un redécollage ; et/ou
- commander une remise des gaz et un redécollage automatiques de l'aéronef par l'intermédiaire du pilote automatique de l'aéronef.

On peut de plus prévoir d'afficher sur un écran, notamment celui appelé "Navigation Display" dans la technique aéronautique, un schéma représentatif de l'atterrissage en cours illustrant la piste, les seuils de pistes, la trajectoire d'approche, la position estimée d'aboutissement, ladite valeur limite de référence et/ou la distance d'atterrissage estimée, etc ... et, à titre d'alarme, faire clignoter et/ou représenter en couleurs vives certains de ces éléments, notamment en cas d'impossibilité d'arrêt complet de l'aéronef avant le seuil d'extrémité distal de ladite piste d'atterrissage.

Afin d'éviter de perturber l'équipage de l'aéronef par une ou plusieurs alarmes intempestives lorsque l'aéronef n'est plus en état de redécoller en toute sécurité, on peut prévoir d'inhiber dans ce cas lesdites alarmes et la commande du pilote automatique. Une telle inhibition peut être prévue lorsqu'au moins l'une des trois conditions suivantes est réalisée :

- la radioaltitude est inférieure à un seuil d'altitude, par exemple égal à 1,5 m ;
- la vitesse de l'aéronef par rapport à l'air est inférieure à un seuil de vitesse, par exemple égal à la vitesse de décollage ; et
- le train d'atterrissage de l'aéronef est comprimé, indiquant ainsi que celui-ci roule déjà sur la piste d'atterrissage.

Par ailleurs, préalablement à l'étape a), on peut examiner, pour les pistes d'atterrissage les plus proches de l'aéronef en vol, celles sur les-

quelles celui-ci peut envisager d'effectuer un atterrissage. A cet effet, on peut vérifier l'une ou plusieurs des conditions suivantes :

- l'aéronef est en configuration d'atterrissage ;
- l'altitude de l'aéronef correspond à une valeur de préparation à l'atterrissage ;
- l'alignement de l'aéronef avec une ou plusieurs pistes ; et
- la distance horizontale de l'aéronef avec les seuils proximaux desdites pistes.

Pour la mise en œuvre des étapes a) et b) du procédé conforme à la présente invention, on utilise avantageusement un système comportant des moyens de calcul :

- recevant :
 - l'altitude (H) dudit aéronef descendant vers une piste d'atterrissage en suivant une trajectoire d'approche inclinée formant un angle d'approche (α) avec ladite piste d'atterrissage ;
 - des informations de positionnement dudit aéronef ; et
 - des informations de positionnement d'au moins le seuil d'extrémité proximal de ladite piste d'atterrissage ; et
- calculant :
 - la distance horizontale (D) séparant ledit aéronef dudit seuil d'extrémité proximal ; et
 - la distance (X) définie par l'équation :

$$X = (H/\operatorname{tg}\alpha) - D$$

dans laquelle $\operatorname{tg}\alpha$ est la tangente de l'angle d'approche α .

Lesdits moyens de calcul peuvent, suivant les deux cas mentionnés ci-dessus :

- effectuer la comparaison de ladite distance X calculée avec ladite valeur limite de référence et engendrer un signal d'alerte lorsque ladite dis-

tance calculée X est supérieure à ladite valeur limite de référence ; ou bien

- effectuer la somme de ladite distance calculée X et de ladite distance d'atterrissage estimée, puis comparer ladite somme à la longueur de la piste d'atterrissage et engendrer un signal d'alerte lorsque ladite somme est supérieure à ladite longueur de la piste d'atterrissage.

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 est une vue de dessus schématique d'une piste d'atterrissage vers laquelle un aéronef exécute une manœuvre d'approche.

La figure 2 est le schéma synoptique d'un système monté à bord dudit aéronef et permettant à celui-ci de mettre en œuvre le procédé conforme à la présente invention.

La figure 3 illustre schématiquement un premier exemple de mise en œuvre du procédé conforme à la présente invention.

La figure 4 illustre schématiquement un second exemple de mise en œuvre dudit procédé.

Sur la figure 1, on a représenté en vue de dessus schématique une piste d'atterrissage 1 et un aéronef 2. Celui-ci est au moins approximativement aligné avec l'axe $X-X$ de ladite piste d'atterrissage 1 et descend vers cette dernière en suivant une trajectoire d'approche inclinée 3 (voir les figures 3 et 4). La piste d'atterrissage 1 est délimitée par deux seuils d'extrémité 4 et 5, entre lesquels est définie la longueur L de ladite piste. L'aéronef se trouve du côté du seuil d'extrémité 4, qui se trouve donc être le seuil proximal, le seuil d'extrémité 5 étant par conséquent le seuil distal.

A bord de l'aéronef 2, sont montés des moyens de calcul 6 permettant de mettre en œuvre le procédé conforme à la présente invention.

A cet effet, dans l'exemple de la figure 2, les moyens de calcul 6 comportent :

- une entrée 7 recevant la radioaltitude H mesurée par le ou les radioaltimètres de bord ;
- une entrée 8 recevant les paramètres inertiels I engendrés par la centrale inertielle de bord ;
- une entrée 9 recevant les paramètres anémométriques A engendrés par les senseurs anémométriques de bord ;
- une entrée 10 recevant la position P de l'aéronef 2 fournie par un système de positionnement par satellite ;
- une entrée 11 recevant des informations A/C propres à l'aéronef 2, telles que la configuration de sa voilure, l'état replié ou déployé des inverseurs de poussée de ses moteurs, l'état de fonctionnement de ses moteurs, ses caractéristiques de freinage et d'atterrissage, etc ... ; et
- une entrée 12, reliée à une base de données aéroportuaire 13 contenant les caractéristiques d'au moins la piste d'atterrissage 1, les coordonnées des seuils 4 et 5, la longueur L, l'état de ladite piste (eau, neige, glace, ouverture ou fermeture de la piste), etc ...

Par ailleurs, dans l'exemple de la figure 2, les moyens de calcul 6 comportent :

- une sortie 14, apte à activer un dispositif d'alarme sonore 15 ;
- une sortie 16, apte à activer un dispositif d'alarme lumineux 17 ;
- une sortie 18, apte à activer un système d'affichage électronique 19, par exemple le Navigation Display ; et
- une sortie 20, apte à commander le pilote automatique de l'aéronef 2.

L'angle d'approche α , utilisé de la façon indiquée ci-après par les moyens de calcul 6, peut être calculé par ces derniers à partir des informations inertielles I ou bien être donné par la base de données aéroportuaire 13.

De plus, grâce aux informations contenues dans cette dernière base de données et à celles P reçues sur l'entrée 10, les moyens de calcul 6 déterminent la distance horizontale D séparant l'aéronef 2 du seuil d'extrémité proximal 4.

A partir de la hauteur H, de la distance horizontale D et de l'angle d'approche α , les moyens de calcul 6 déterminent, de préférence de façon répétitive pendant la descente de l'aéronef 2 vers la piste d'atterrissage 1, une distance $X = (H/\text{tg}\alpha) - D$, définissant, par rapport au seuil d'extrémité proximal 4, une position d'aboutissement estimée 21 de la trajectoire d'approche 3 (et donc de l'aéronef 2) sur ladite piste d'atterrissage 1 (voir les figures 3 et 4).

Dans l'exemple de mise en œuvre représenté sur la figure 3, les moyens de calcul 6 comparent ladite distance X à une valeur limite de référence T, déterminée, par expérimentation ou par calcul, de façon que, si X est inférieure à T, l'aéronef 2 doit pouvoir s'arrêter sur la piste d'atterrissage 1 avant le seuil distal 5 de cette dernière, alors que, si au contraire X est supérieure à T (cas représenté sur la figure 3), l'aéronef 2 n'a aucune chance de s'arrêter avant ledit seuil distal 5 et ne peut que sortir à l'extrémité de la piste d'atterrissage 1 s'il poursuit son atterrissage. La valeur limite de référence T est fonction du type de l'aéronef 2, des performances de freinage de celui-ci, des conditions météorologiques, de la piste d'atterrissage 1, etc ... Elle peut être établie par expérimentation ou par calcul.

Dans l'exemple de mise en œuvre de l'invention, représenté sur la figure 4, les moyens de calcul 6 additionnent une distance d'atterrissage estimée F à ladite distance estimée X et comparent la somme $X + F$ à la longueur L de la piste d'atterrissage 1. Cette distance d'atterrissage estimée F peut être une valeur fixe prédéterminée par calcul ou par expérience, ou bien être calculée en temps réel par les moyens de calcul 6 à

partir d'une base de données de performances à l'atterrissage (non représentée). La distance d'atterrissage estimée F peut prendre en compte, outre la masse de l'aéronef 2 et sa configuration aérodynamique, l'élévation de la piste 1, l'état de celle-ci, la vitesse de l'avion par rapport à la vitesse d'approche recommandée, un éventuel vent arrière, les pannes affectant la distance d'atterrissage (inverseurs de poussée, moteurs, dispositifs d'antipatinage et d'autofreinage, ...). L'importance de ces divers paramètres est généralement publiée dans le manuel de bord FCOM (Flight Crew Operating Manual).

Si la somme $X + F$ est inférieure à la longueur L (cas représenté sur la figure 4), l'aéronef 2 doit pouvoir s'arrêter sur la piste d'atterrissage 1 avant le seuil distal 5. En revanche, si la somme $X + F$ est supérieure à la longueur L , l'aéronef 2 doit s'attendre à une sortie de piste longitudinale, au bout de celle-ci.

Si, selon le cas, X est supérieure à T ou $X + F$ est supérieure à L , les moyens de calcul 6 engendrent un signal d'alerte sur ces sorties, de sorte que les alarmes sonore 15 et lumineuse 17 sont activées pour attirer l'attention du pilote de l'aéronef 2 sur la gravité de la situation. De plus, sur l'écran 19, peut s'afficher un schéma analogue au schéma de la figure 3 ou à celui de la figure 4, selon le cas, avec des éléments clignotants et/ou représentés en couleurs vives.

Ainsi, le pilote est alerté et peut interrompre l'atterrissage en cours et remettre les gaz à temps –alors que l'avion 2 est encore sur la trajectoire d'approche– pour effectuer un redécollage.

Eventuellement, le signal d'alerte émis par les moyens de calcul 6 et apparaissant sur la sortie 20 peut commander directement le pilote automatique de l'aéronef 2 pour une remise des gaz et un redécollage automatiques de celui-ci.

On comprendra aisément que, à l'aide des informations que les moyens de calcul 6 reçoivent sur leurs entrées 7 à 12, l'aéronef 2 peut, avant d'entreprendre une manœuvre d'atterrissage sur une piste 1 déterminée, calculer pour chacune d'une pluralité de pistes 1 proches de lui :

- la distance D ;
- l'alignement par rapport à l'axe X-X ; et
- l'altitude H.

De plus, il peut vérifier si sa configuration correspond à celle d'un atterrissage, de sorte qu'il peut déterminer celle ou celles desdites pistes sur laquelle ou lesquelles il peut envisager d'effectuer un atterrissage.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour prédire la possibilité pour un aéronef (2) de s'arrêter complètement, lors de son atterrissage, sur une piste d'atterrissage (1), alors que ledit aéronef (2) est encore en vol et descend vers ladite piste d'atterrissage (1) en suivant une trajectoire d'approche inclinée (3) formant un angle d'approche (α) avec ladite piste d'atterrissage (1), ladite piste d'atterrissage comportant deux seuils d'extrémité (4, 5), caractérisé en ce que :

- a) on mesure l'altitude (H) dudit aéronef (2) et on calcule la distance horizontale (D) séparant ledit aéronef (2) du seuil d'extrémité proximal (4) de ladite piste d'atterrissage (1) ;
- b) on calcule, à partir de l'altitude (H) et de la distance horizontale (D) déterminées sous a), ainsi qu'à partir dudit angle d'approche (α), une position d'aboutissement estimée (21) dudit aéronef sur ladite piste d'atterrissage (1) ; et
- c) on exploite ladite position d'aboutissement estimée (21) calculée sous b) pour déterminer ladite possibilité.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites étapes a) et b) sont effectuées de façon répétitive pendant au moins une partie de la descente de l'aéronef (2) sur ladite trajectoire d'approche (3).

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit angle d'approche (α) est calculé à bord de l'aéronef (2).

4. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit angle d'approche (α) est fourni par une base de données (13) contenant des informations concernant ladite piste d'atterrissage (1).

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite distance horizontale (D), séparant ledit aéronef (2) du seuil d'extrémité proximal (4) de la piste d'atterrissage (1), est obtenue à partir d'informations de positionnement dudit aéronef (2) délivrées par un système satellitaire de positionnement et à partir d'informations délivrées par une base de données (13) contenant au moins le positionnement dudit seuil proximal de la piste d'atterrissage (1).

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ladite position d'aboutissement estimée (21) est définie par sa distance (X) audit seuil d'extrémité proximal (4).

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que ladite distance (X) entre ladite position d'aboutissement estimée (21) et ledit seuil d'extrémité proximal (4) est choisie égale à $X = (H/\text{tg}\alpha) - D$, expression dans laquelle H est l'altitude de l'aéronef (2), $\text{tg}\alpha$ est la tangente de l'angle d'approche α et D est la distance horizontale séparant l'aéronef (2) du seuil d'extrémité proximal (4).

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que, pour la mise en œuvre de l'étape c), on compare ladite distance (X) entre ladite position d'aboutissement estimée (21) et ledit seuil d'extrémité proximal (4) à une valeur limite de référence (T), en deçà de laquelle ledit aéronef (2) doit pouvoir s'arrêter complètement sur ladite piste d'atterrissage (1) et au-delà de laquelle ledit aéronef (2) ne peut s'arrêter sur cette dernière.

9. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que, pour la mise en œuvre de l'étape c), on additionne une distance d'atterrissage estimée (F) à ladite distance (X) entre ladite position d'aboutissement estimée (21) et ledit seuil d'extrémité proximal (4), et on compare la somme de distances (X + F) ainsi obtenue à la longueur (L) de la piste d'atterrissage (1).

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'étape c) consiste à émettre une alarme à l'attention de l'équipage de l'aéronef (2).

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'étape c) consiste en une remise des gaz et à un redécollage automatiques de l'aéronef (2).

12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'on inhibe au moins l'étape c) lorsque l'aéronef (2), en cours d'atterrissage, n'est plus en état de redécoller en toute sécurité.

13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que, préalablement à l'étape a), on vérifie, pour les pistes d'atterrissage les plus proches de l'aéronef (2), celles sur lesquelles celui-ci peut envisager d'effectuer un atterrissage.

14. Système pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de calcul (6) :

– recevant :

- l'altitude (H) dudit aéronef (2) descendant vers ladite piste d'atterrissage (1) en suivant ladite trajectoire d'approche inclinée (3) formant l'angle d'approche (α) avec ladite piste d'atterrissage (1) ;
- des informations de positionnement dudit aéronef (2) ; et
- des informations de positionnement d'au moins le seuil d'extrémité proximal (4) de ladite piste d'atterrissage (1) ; et

– calculant :

- la distance horizontale (D) séparant ledit aéronef (2) dudit seuil d'extrémité proximal (4) ; et
- la distance (X) définie par l'équation :

$$X = (H/\text{tg}\alpha) - D$$

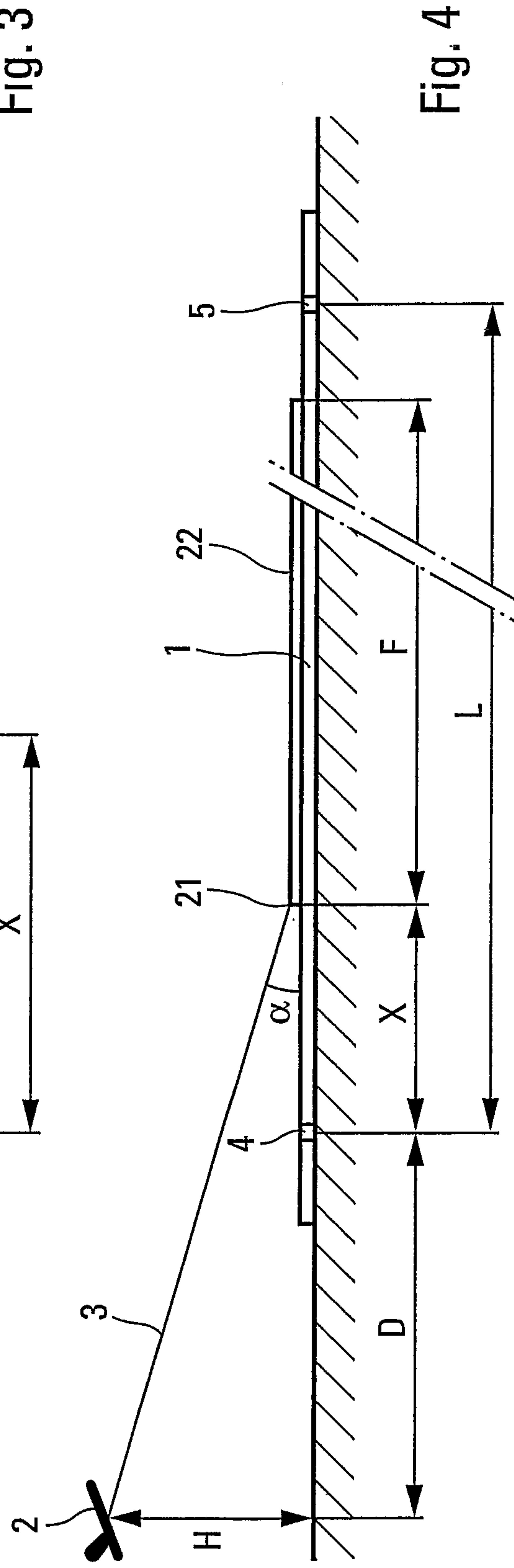
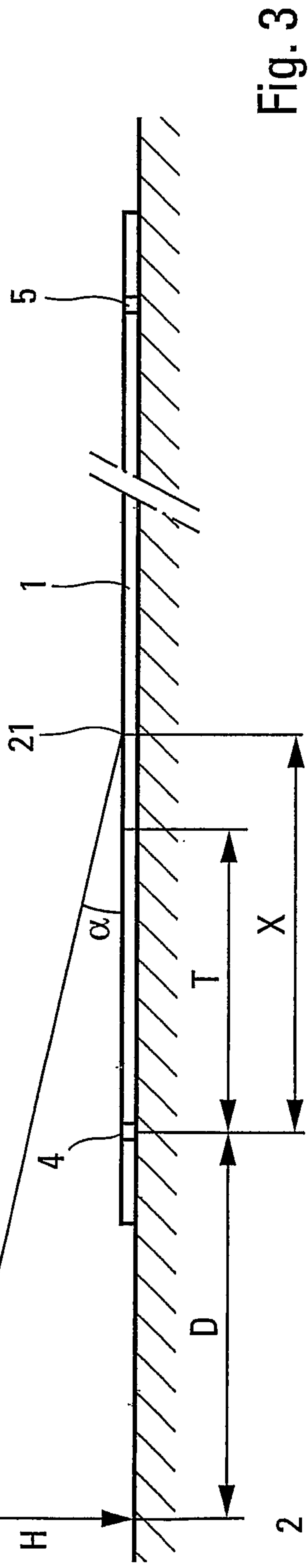
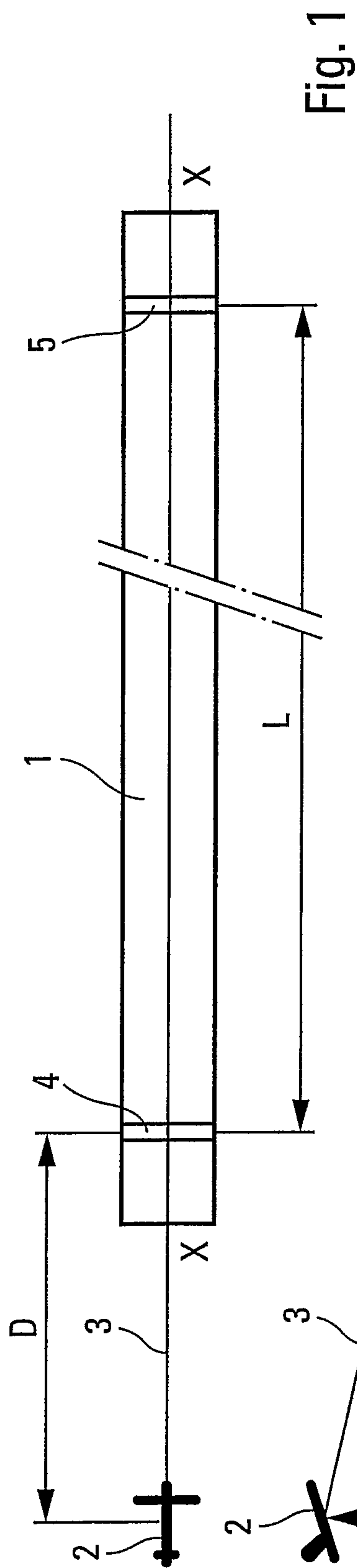
dans laquelle $\text{tg}\alpha$ est la tangente de l'angle d'approche α .

15. Système selon la revendication 14, pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que lesdits moyens de calcul (6) effectuent la comparaison de ladite distance (X) calculée avec ladite valeur limite de référence (T) et engendrent un signal d'alerte lorsque ladite distance calculée (X) est supérieure à ladite valeur limite de référence (T).

16. Système selon la revendication 14, pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que lesdits moyens de calcul (6) effectuent la somme ($X + F$) de ladite distance calculée (X) et de ladite distance d'atterrissage estimée (F), puis comparent ladite somme ($X + F$) à la longueur (L) de la piste d'atterrissage et engendrent un signal d'alerte lorsque ladite somme ($X + F$) est supérieure à ladite longueur (L) de la piste d'atterrissage (1).

17. Aéronef, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13.

18. Aéronef selon la revendication 17, caractérisé en ce qu'il comporte un système selon l'une quelconque des revendications 14 à 16.



2/2

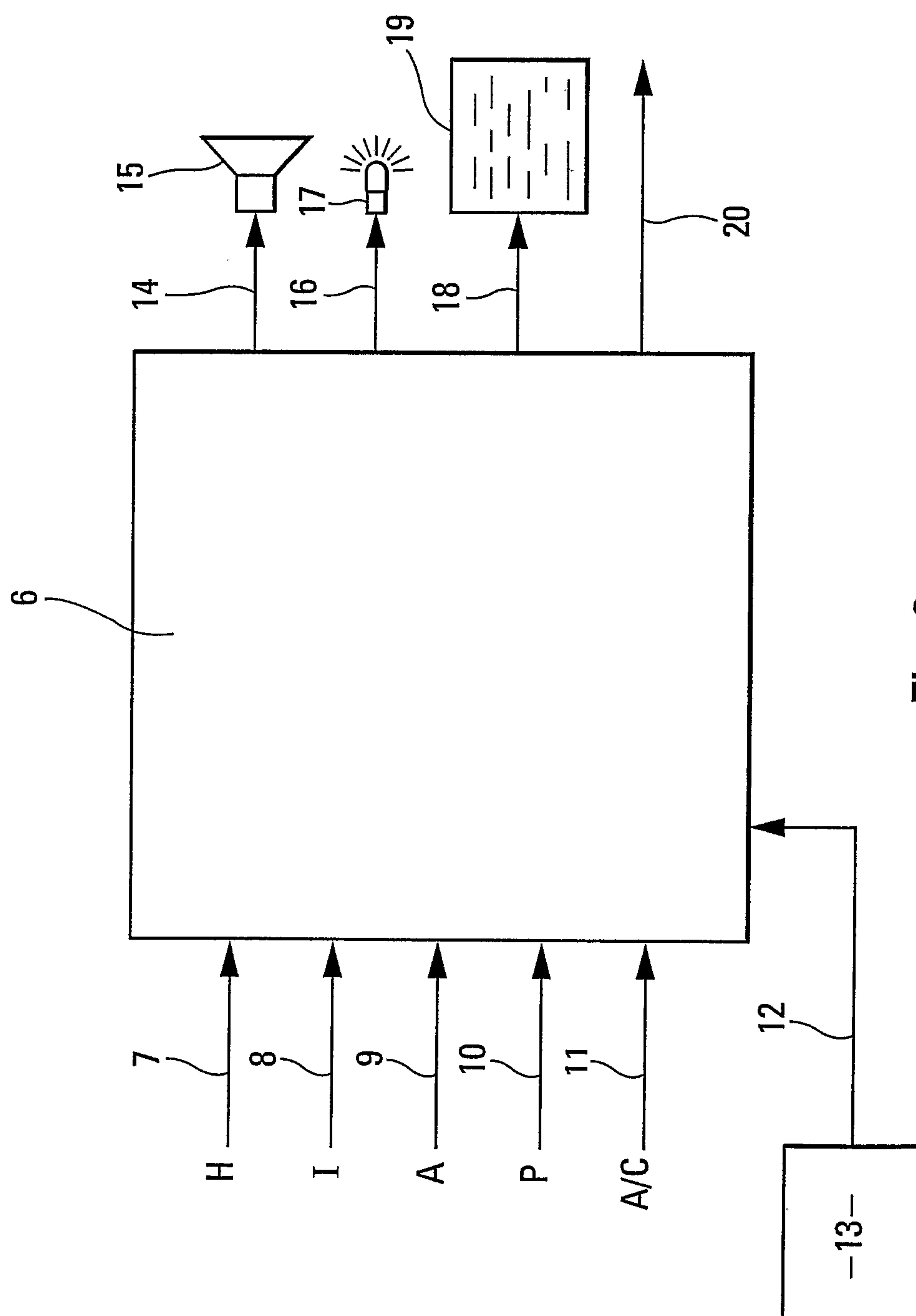


Fig. 2

