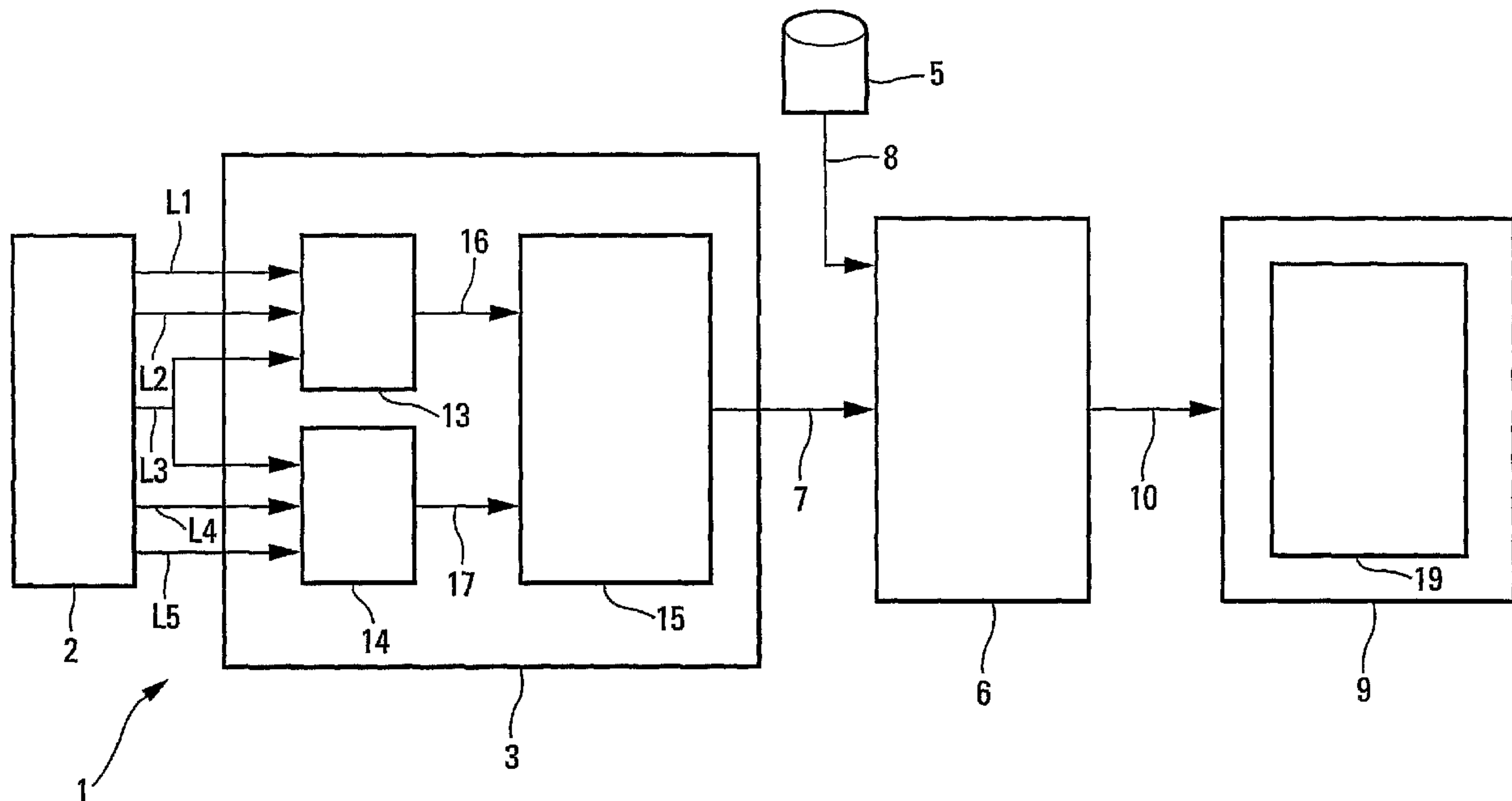




(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2006/03/29
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2006/10/12
(45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2015/01/20
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2007/09/28
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2006/000670
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2006/106210
(30) **Priorité/Priority:** 2005/04/04 (FR0503269)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. G08G 5/06** (2006.01),
G01C 5/00 (2006.01)
(72) **Inventeurs/Inventors:**
FETZMANN, FABIEN, FR;
COLDEFY, PIERRE, FR;
COLLINS, STEPHANE, FR
(73) **Propriétaire/Owner:**
AIRBUS OPERATIONS SAS, FR
(74) **Agent:** ROBIC

(54) **Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIF D'AIDE A LA NAVIGATION AU SOL D'UN AVION SUR UN AÉROPORT**
(54) **Title: METHOD AND DEVICE FOR ASSISTING THE GROUND NAVIGATION OF AN AEROPLANE IN AN AIRPORT**



(57) **Abrégé/Abstract:**

Le dispositif (1) comporte un ensemble (2) de sources d'informations pour déterminer les valeurs courantes d'une pluralité de paramètres dudit avion, des moyens de calcul (3) pour déterminer, à l'aide desdites valeurs courantes, une première position correspondant à une position extrapolée du nez dudit avion après un intervalle de temps particulier à partir de l'instant courant, une base de données (5) comportant au moins une zone interdite prédéterminée de l'aéroport, des moyens de comparaison (6) pour comparer ladite première position à ladite zone interdite prédéterminée de l'aéroport, et des moyens d'alerte (9) pour émettre au moins un signal d'alerte si ladite première position se trouve dans ladite zone interdite.



(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
12 octobre 2006 (12.10.2006)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/106210 A1(51) Classification internationale des brevets :
G08G 5/06 (2006.01) **G01C 5/00** (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2006/000670

(22) Date de dépôt international : 29 mars 2006 (29.03.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0503269 4 avril 2005 (04.04.2005) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **AIR-
BUS FRANCE** [FR/FR]; 316, route de Bayonne, F-31060
Toulouse (FR).

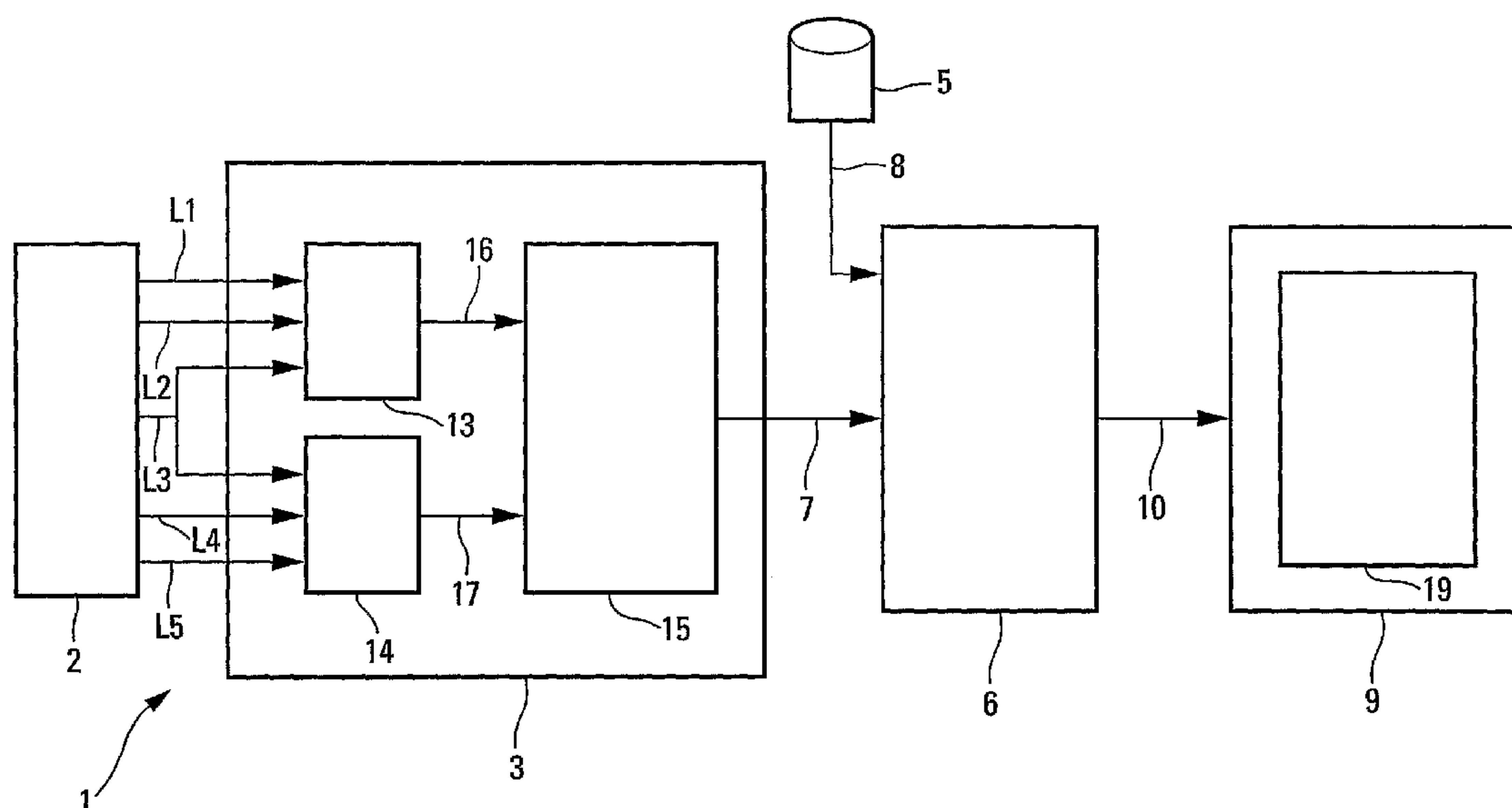
(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **FETZ-
MANN, Fabien** [FR/FR]; 7, Rue de Belmont - C8-104,
F-31270 Cugnaux (FR). **COLDEFY, Pierre** [FR/FR];
55, Rue des Arcs Saint-Cyprien, F-31300 Toulouse (FR).
COLLINS, Stéphane [FR/FR]; 57, Rue Bayard, Apt
1481, F-31000 Toulouse (FR).(74) Mandataire : **CABINET BONNETAT**; 29, rue de St.
Pétersbourg, F-75008 Paris (FR).(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, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.(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,
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).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ASSISTING THE GROUND NAVIGATION OF AN AEROPLANE IN AN AIRPORT

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF D'AIDE À LA NAVIGATION AU SOL D'UN AVION SUR UN AÉROPORT



(57) Abstract: The invention relates to a device (1) comprising a set (2) of information sources for determining the active values of a plurality of parameters of an aeroplane, calculating means (3) for determining, by means of said active values, a first position corresponding to a position which is extrapolated from the nose of the aeroplane following a particular time interval from the current instant. The inventive device also comprises a database (5) provided with at least one pre-determined unauthorised zone of the airport, comparison means (6) for comparing said first position to said pre-determined unauthorised zone of the airport, and warning means (9) for emitting at least one warning signal if the first position is located in the unauthorised zone.

[Suite sur la page suivante]

WO 2006/106210 A1

WO 2006/106210 A1**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.

(57) Abrégé : Le dispositif (1) comporte un ensemble (2) de sources d'informations pour déterminer les valeurs courantes d'une pluralité de paramètres dudit avion, des moyens de calcul (3) pour déterminer, à l'aide desdites valeurs courantes, une première position correspondant à une position extrapolée du nez dudit avion après un intervalle de temps particulier à partir de l'instant courant, une base de données (5) comportant au moins une zone interdite prédéterminée de l'aéroport, des moyens de comparaison (6) pour comparer ladite première position à ladite zone interdite prédéterminée de l'aéroport, et des moyens d'alerte (9) pour émettre au moins un signal d'alerte si ladite première position se trouve dans ladite zone interdite.

Procédé et dispositif d'aide à la navigation au sol d'un avion sur un aéroport.

La présente invention concerne un procédé et un dispositif d'aide à la navigation au sol d'un avion sur un aéroport.

La complexité de certains aéroports, l'augmentation du trafic aérien et l'existence d'installations souvent peu adaptées à des avions qui
5 sont de plus en plus gros et nombreux, créent des difficultés de circulation sur les pistes et les taxiways des aéroports, ce qui entraîne souvent des allongements des durées de roulage, parfois des incidents plus ou moins graves et malheureusement également des accidents.

Dans ce contexte, on note un nombre de plus en plus élevé "d'incursions de piste", c'est-à-dire de situations où un avion non autorisé pénétr
10 nètre sur une piste qui est utilisée au même moment de façon régulière par un autre avion, pour atterrir ou décoller. Une telle incursion de piste est très dangereuse, puisqu'elle met en danger la vie des occupants des deux appareils.

Pour des raisons de sécurité, il est donc important, voire impératif, que chaque pilote puisse surveiller le plus efficacement possible l'environnement autour de son avion et le cas échéant être informé de toute incursion (ou de tout risque d'incursion) de piste.
15

Par le document EP-O 980 828, on connaît un système qui est embarqué à bord d'un avion, pour assister le pilote de l'avion lors de manœuvres au sol. A cet effet, ce système comporte une première caméra qui engendre des images vidéo du train d'atterrissage avant et d'une zone autour de ce dernier, une seconde caméra qui engendre des images vidéo des trains d'atterrissage principaux et de zones autour de ces derniers, et
20 des moyens de visualisation qui sont montés dans le poste de pilotage et
25

qui visualisent les images vidéo engendrées par lesdites première et seconde caméras (qui sont fixées sur le fuselage).

5 Ce système connu fournit au pilote uniquement des informations qui lui permettent de faire des manœuvres lors d'un roulage au sol avec une sécurité accrue. En particulier, par l'observation des trains d'atterris-
sage et des zones autour de ces derniers, il peut éviter qu'un train ne heurte un obstacle au sol ou ne quitte la piste ou le taxiway, sur lequel circule l'avion. Toutefois, ce système connu ne fournit aucune information
10 sur l'ensemble (ou tout au moins une zone étendue) de la piste ou du taxiway. Or, un tel manque d'informations peut être dangereux, notamment par mauvaise visibilité (brouillard, ...). En effet, un autre mobile, en particulier un autre avion, peut se trouver au même moment sur la même piste (ou le même taxiway) et, par manque d'informations, il peut arriver
15 qu'une collision ne puisse être évitée, notamment si l'autre mobile présente une vitesse très élevée telle qu'elle existe au décollage ou à l'atterrissage d'un avion par exemple.

Par ailleurs, on connaît par un article de Beskenis, Green, Hyer et Johnson intitulé "Integrated Display System for Low Visibility Landing and Surface Operations" et paru dans la publication "NASA Langley Technical
20 Report", juillet 1998, NASA/CR-1998-208446, un système de visualisation permettant de remédier partiellement aux inconvénients précités. Ce système de visualisation comporte, notamment, des moyens de visualisation permettant de présenter sur un écran monté dans le poste de pilotage de l'avion une carte de l'aéroport montrant les pistes, les taxiways et les
25 différents bâtiments, ainsi que la position de l'avion et le trafic qui existe sur cet aéroport.

Toutefois, une surveillance réalisée à l'aide d'un tel écran de visualisation suppose que le pilote regarde très souvent et de façon régulière ledit écran de visualisation. De plus, même en surveillant l'écran de visua-

lisation, il lui sera difficile de détecter par avance un risque d'intrusion sur une piste à l'aide d'une carte de l'aéroport, puisque la position future de l'avion dépend de caractéristiques dudit avion, telles que sa vitesse ou sa direction de roulage, qu'il est difficile à un pilote d'évaluer en regardant un tel écran de visualisation.

La présente invention a pour objet de remédier à ces inconvénients. Elle concerne un procédé d'aide à la navigation au sol d'un avion sur un aéroport, qui permet d'informer le pilote de tout risque d'incursion de l'avion dans une zone interdite.

À cet effet, selon l'invention, ledit procédé est remarquable en ce que l'on
10 réalise, de façon automatique et répétitive, la suite d'étapes successives suivantes :

a) on détermine les valeurs courantes d'une pluralité de paramètres dudit avion, lesdits paramètres incluant :

- la position actuelle dudit point de référence;
- la vitesse actuelle dudit point de référence;
- la direction actuelle de l'avion; et
- la vitesse de lacet actuelle de l'avion;

b) à l'aide desdites valeurs courantes, on détermine une première position relative à l'avion en prenant en compte un point de référence prédéterminé de l'avion et successivement :

20 • à l'aide de la position actuelle dudit point de référence, de la direction actuelle de l'avion et d'un décalage vectoriel entre le nez de l'avion et ledit point de référence, on détermine la position actuelle du nez de l'avion;

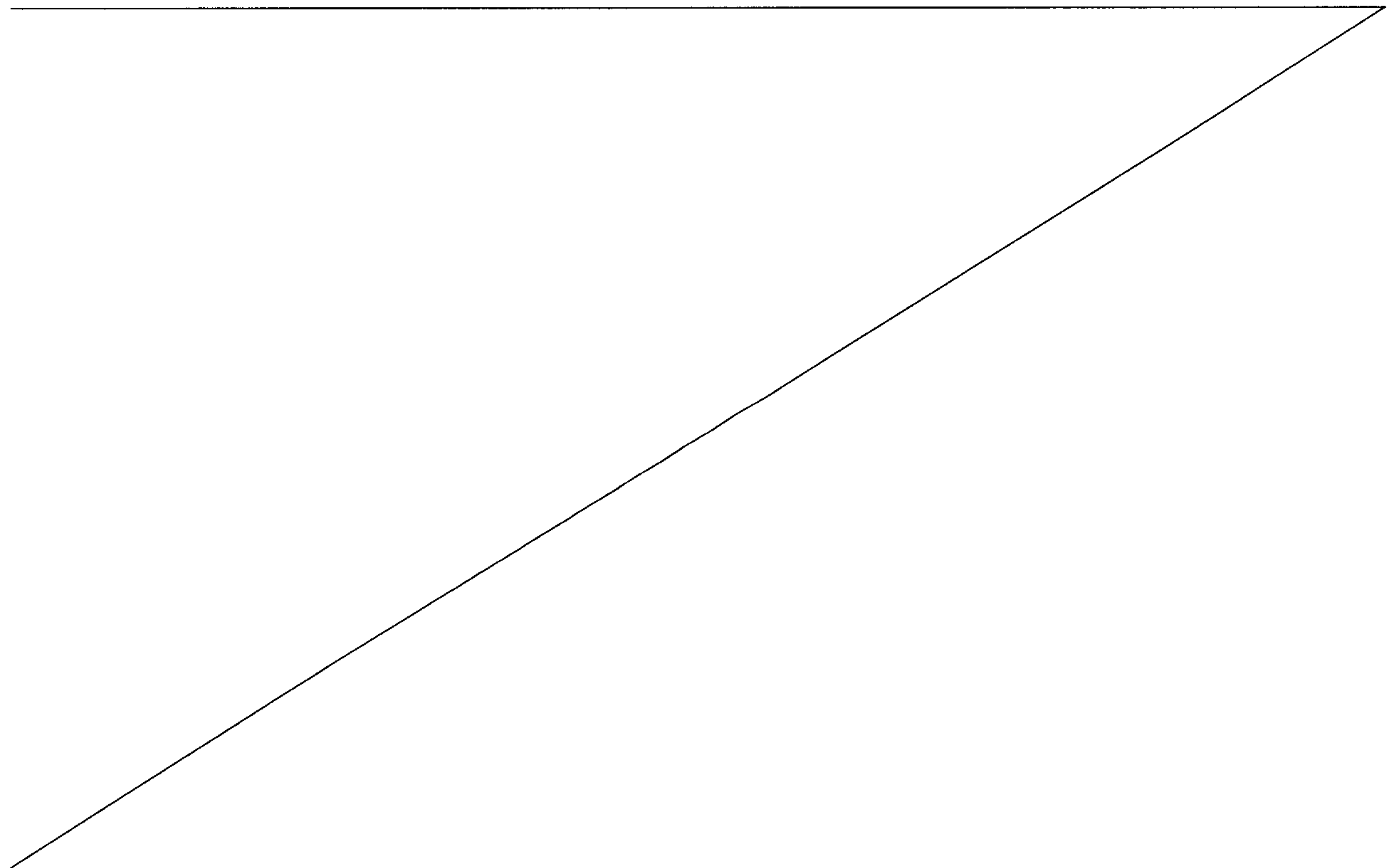
• à l'aide de la vitesse actuelle dudit point de référence, de la vitesse de lacet actuelle de l'avion et du décalage vectoriel entre le nez de l'avion et ledit point de référence, on détermine la vitesse actuelle du nez de l'avion; et

• à l'aide desdites position et vitesse actuelles ainsi déterminées du nez de l'avion, ainsi que dudit intervalle de temps particulier, on détermine ladite première position qui correspond donc à une position extrapolée du nez de l'avion au terme dudit intervalle de temps;

3a

- c) on compare cette première position à au moins une zone interdite; et
- d) si ladite première position se trouve dans ladite zone interdite, on émet au moins un signal d'alerte, caractérisé en ce qu'à l'étape b), on détermine une première position qui correspond à une position extrapolée du nez dudit avion après un intervalle de temps particulier à partir de l'instant courant, lors de la navigation au sol dudit avion sur l'aéroport, et en ce que ladite zone interdite est une zone interdite prédéterminée de l'aéroport.

10 Ainsi, grâce à l'invention, tout risque d'incursion de l'avion dans une zone interdite (précisée ci-dessous) de l'aéroport, c'est-à-dire toute approche excessive d'une telle zone interdite, est signalée par l'émission d'un signal d'alerte. Par conséquent, le pilote de l'avion est toujours alerté lors de la survenue d'un tel risque d'incursion de piste, et il peut alors mettre en œuvre tous les moyens appropriés nécessaires pour empêcher toute incursion non souhaitée, ce qui apporte une aide précieuse à la sécurité lors de la navigation aéroportuaire.



De plus, grâce à la mise en œuvre répétitive et automatique du procédé conforme à l'invention, qui est donc permanente et ne nécessite aucune action de la part du pilote, ce dernier peut focaliser toute son attention sur d'autres tâches, notamment des tâches de pilotage.

5 Dans un mode de réalisation préféré, pour déterminer ladite première position :

– on prend en compte un point de référence prédéterminé de l'avion ;

– à l'étape a), on mesure :

- la position actuelle dudit point de référence ;
- 10 ▪ la vitesse actuelle dudit point de référence ;
- la direction actuelle de l'avion (à savoir le cap de l'avion ou une direction GPS précisée ci-après) ; et
- la vitesse de lacet actuelle de l'avion ; et

– à l'étape b), successivement :

- 15 ▪ à l'aide de la position actuelle dudit point de référence, de la direction actuelle de l'avion et d'un décalage vectoriel (prédéterminé) entre le nez de l'avion et ledit point de référence, on détermine la position actuelle du nez de l'avion ;

- à l'aide de la vitesse actuelle dudit point de référence, de la vitesse
20 de lacet actuelle de l'avion et du décalage vectoriel (prédéterminé) entre le nez de l'avion et ledit point de référence, on détermine la vitesse actuelle du nez de l'avion ; et

- à l'aide desdites position et vitesse actuelles ainsi déterminées du nez de l'avion, ainsi que dudit intervalle de temps particulier, on dé-
25 termine ladite première position qui correspond donc à une position extrapolée du nez de l'avion au terme dudit intervalle de temps.

De façon avantageuse, ledit point de référence correspond à l'endroit de l'avion où est installée une antenne de réception d'un système de

positionnement par satellites, en particulier de type GPS ("Global Positioning System" en anglais).

Dans un mode de réalisation particulier, à l'étape c), on compare ladite première position à une pluralité de zones interdites prédéterminées qui sont regroupées dans une liste de zones interdites. Dans le cadre de la présente invention, ladite liste de zones interdites peut comprendre :

- au moins une zone de piste qui correspond à une surface de l'aéroport, définie autour d'une voie de roulement dudit aéroport, par exemple une piste d'atterrissage, un taxiway ou une bretelle d'accès ; et/ou
- 10 – au moins une zone auxiliaire qui correspond à une surface de l'aéroport, définie autour d'une barre d'arrêt dudit aéroport.

On entend par barre d'arrêt une peinture transversale sur les taxiways à l'approche des pistes. Il existe des barres d'arrêt CAT I (à 150 m de la piste) et CAT III (à 90 m de la piste). Lorsqu'un balisage lumineux est activé par mauvaise visibilité au niveau de cette barre d'arrêt, elle devient un arrêt (ou "stop bar" en anglais). Le pilote doit systématiquement marquer un bref arrêt au niveau des barres d'arrêt et demander au contrôle l'autorisation de passer.

Dans un mode de réalisation particulier, on met en œuvre l'ensemble des étapes b), c) et d), uniquement si la vitesse actuelle d'un point de référence de l'avion est supérieure à une première vitesse limite et inférieure à une deuxième vitesse limite.

En outre, avantageusement, ledit intervalle de temps particulier correspond :

- 25 – à un intervalle de temps prédéterminé T1, par exemple sept secondes, si la vitesse actuelle V_a d'un point de référence de l'avion est supérieure ou égale à une troisième vitesse limite V_{s3} ; et

- à un intervalle de temps $T2$ vérifiant l'expression $T2 = (Vs3.T1)/Va$, si ladite vitesse actuelle Va est inférieure à ladite troisième vitesse limite $Vs3$.

5 Dans le cadre de la présente invention, on peut émettre tout type de signal d'alerte à l'étape d) lors de la détection d'un risque d'incursion dans une zone interdite, en particulier un signal d'alerte sonore et/ou un signal d'alerte visuel.

Dans un mode de réalisation préféré, à l'étape d), on émet un signal d'alerte visuel sur un écran de navigation usuel. Dans ce cas, avantageusement, ledit signal d'alerte visuel correspond :

- à la mise en évidence sur l'écran de navigation d'une piste correspondante, si ladite zone interdite représente une zone de piste ; et/ou
- à un message textuel qui est affiché sur ledit écran de navigation.

15 Dans ce dernier cas, de façon avantageuse, la zone d'affichage dudit message textuel dépend du mode d'affichage (par exemple un mode rose, plan ou arc) existant au moment de l'affichage sur ledit écran de navigation.

En outre, avantageusement, ledit message textuel comprend le nom de la piste correspondante si ladite zone interdite représente une zone de piste définie autour d'une piste d'atterrissage, ce nom comporte deux attributs dont la position de l'un par rapport à l'autre indique le côté de la piste par lequel arrive l'avion, et ce côté est déterminé à l'aide d'une orientation du vecteur vitesse du nez et d'une orientation (qui est prédéterminée) de ladite piste.

25 La présente invention concerne également un dispositif d'aide à la navigation au sol d'un avion sur un aéroport.

Selon l'invention, ledit dispositif est remarquable en ce qu'il comporte :

- un ensemble de sources d'informations pour déterminer les valeurs courantes d'une pluralité de paramètres dudit avion;
- des moyens de calcul pour déterminer, à l'aide desdites valeurs courantes, une première position relative à l'avion;
- des moyens de comparaison pour comparer ladite première position à une zone interdite; et
- des moyens d'alerte pour émettre au moins un signal d'alerte si ladite première position se trouve dans ladite zone interdite, caractérisé en ce qu'il comporte, de plus, une base de données qui comporte au moins une zone interdite prédéterminée de l'aéroport, et qui est reliée auxdits moyens de comparaison, et en ce que lesdits moyens de calcul sont formés de manière à déterminer une première position qui correspond à une position extrapolée du nez dudit avion après un intervalle de temps particulier à partir de l'instant courant; lors de la navigation au sol dudit avion sur l'aéroport.

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 le schéma synoptique d'un dispositif conforme à l'invention.

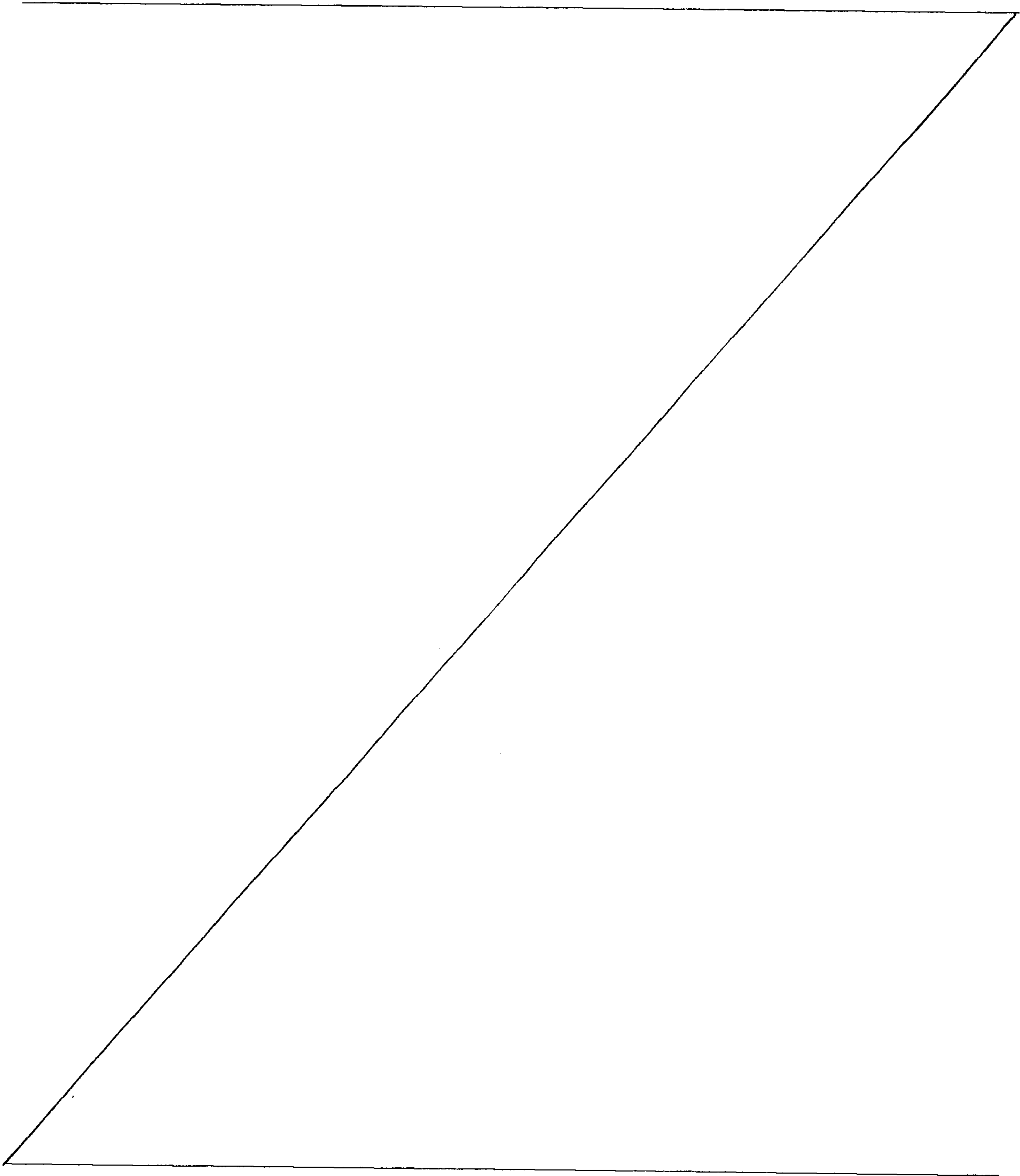
La figure 2 illustre schématiquement le mode de détermination conforme à l'invention d'un risque d'incursion de piste.

La figure 3 montre schématiquement un exemple de présentation d'un signal d'alerte visuel.

Le dispositif 1 conforme à l'invention et représenté schématiquement sur la figure 1 est destiné à aider un pilote d'un avion A, par exemple d'un avion de transport, qui a été représenté partiellement sur la figure

7a

2, lors de la navigation au sol dudit avion A sur un aéroport. Plus précisément, ledit dispositif 1 a pour but d'informer le pilote de tout risque d'incursion de l'avion A dans une zone interdite ZI précisée ci-après.



Selon l'invention, ledit dispositif 1 comporte :

- un ensemble 2 de sources d'informations précisées ci-dessous, pour déterminer les valeurs courantes d'une pluralité de paramètres dudit avion A, également précisés ci-dessous ;
- 5 – des moyens de calcul 3 pour déterminer, à l'aide desdites valeurs courantes fournies par ledit ensemble 2 de sources d'informations, une position extrapolée P1 du nez 4 de l'avion A (qui est représenté en traits interrompus sur la figure 2 pour cette position). Cette position extrapolée P1 est atteinte après un intervalle de temps particulier (précisé
10 ci-dessous) à partir de la position courante PO à l'instant courant du nez 4 de l'avion A (qui est représenté en trait continu sur la figure 2 pour cette position) ;
- une base de données 5 précisée ci-après, qui comporte au moins une zone interdite ZI prédéterminée de l'aéroport sur lequel circule ledit
15 avion A ;
- des moyens de comparaison 6 qui sont reliés par l'intermédiaire de liaisons 7 et 8 respectivement auxdits moyens de calcul 3 et à ladite base de données 5, pour comparer ladite position extrapolée P1 reçue desdits moyens de calcul 3 à ladite zone interdite ZI reçue de ladite base de
20 données 5 ; et
- des moyens d'alerte 9 qui sont reliés par une liaison 10 auxdits moyens de comparaison 6, pour émettre au moins un signal d'alerte, dès que ladite position extrapolée P1 pénètre dans ladite zone interdite ZI.

Ainsi, grâce au dispositif 1 conforme à l'invention, tout risque
25 d'incursion de l'avion A dans une zone interdite ZI (précisée ci-dessous) de l'aéroport, c'est-à-dire toute approche excessive d'une telle zone interdite ZI, est signalé au pilote par l'émission d'un signal d'alerte. Par conséquent, le pilote de l'avion A est toujours alerté lors de la survenue d'un tel risque d'incursion de piste, et il peut donc mettre en œuvre tous les

moyens appropriés nécessaires pour empêcher toute incursion non souhaitée, ce qui apporte une aide précieuse à la sécurité lors de la navigation aéroportuaire.

De plus, ledit dispositif 1 est automatique et les traitements précédents sont réalisés de façon répétitive. La mise en œuvre du dispositif 1 ne nécessite donc aucune action de la part du pilote. Aussi, le pilote peut focaliser toute son attention sur d'autres tâches, notamment des tâches de pilotage, lors de la navigation aéroportuaire.

Ledit ensemble 2 de sources d'informations comporte des moyens usuels pour déterminer les paramètres utilisés par les moyens de calcul 3, à savoir :

- la position actuelle P_r d'un point de référence prédéterminé 11 de l'avion A. De préférence, ledit point de référence 11 correspond à l'endroit de l'avion A où est installée une antenne de réception 12 usuelle d'un système de positionnement par satellites, en particulier de type GPS ("Global Positioning System" en anglais). Cette position est donc déterminée dans ce cas à l'aide de moyens de mesure usuels qui sont également montés sur l'avion A et qui sont associés à ladite antenne de réception 12 ;
- la direction actuelle de l'avion A qui correspond soit au cap de l'avion A qui est mesuré par un moyen usuel, soit à la direction dudit avion A qui est déterminée à l'aide dudit système de positionnement par satellites ;
- la vitesse actuelle dudit point de référence 11, à savoir dans l'exemple de la figure 2, la vitesse de l'antenne 12 (norme et direction) ; et
- la vitesse de lacet actuelle de l'avion A, qui est mesurée à l'aide d'un moyen usuel.

L'ensemble 2 de sources d'informations peut également connaître la valeur du décalage vectoriel entre le nez 4 de l'avion A et ledit point de

référence 11. Cette dernière information peut toutefois également être intégrée directement dans les moyens de calcul 3.

Selon l'invention, lesdits moyens de calcul 3 comportent, comme représenté sur la figure 1 :

- 5 – un élément de calcul 13 qui est relié par l'intermédiaire de liaisons L1, L2 et L3 audit ensemble 2 de sources d'informations et qui est formé de manière à déterminer la position actuelle P0 du nez 4 de l'avion A, à l'aide de la position actuelle Pr dudit point de référence 11, de la direction actuelle de l'avion A et du décalage vectoriel entre le nez 4 de
10 l'avion A et ledit point de référence 11, reçus respectivement par l'intermédiaire desdites liaisons L1, L2 et L3 ;
- un élément de calcul 14 qui est relié par l'intermédiaire de liaisons L3, L4 et L5 audit ensemble 2 de sources d'informations et qui est formé de manière à déterminer la vitesse actuelle du nez 4 de l'avion A, à
15 l'aide de la vitesse actuelle dudit point de référence 11, de la vitesse de lacet actuelle de l'avion A et dudit décalage vectoriel entre le nez 4 de l'avion A et ledit point de référence 11, reçus respectivement par l'intermédiaire desdites liaisons L4, L5 et L3 ; et
- un élément de calcul 15 qui est relié par l'intermédiaire de liaisons 16 et
20 17 respectivement auxdits éléments de calcul 13 et 14 et qui est formé de manière à déterminer, à l'aide desdites position et vitesse actuelles reçues desdits éléments de calcul 13 et 14, ainsi qu'à l'aide dudit intervalle de temps particulier, ladite position P1 qui correspond donc à une position extrapolée du nez 4 de l'avion A au terme dudit intervalle de
25 temps si l'avion A continue à rouler avec ses caractéristiques de roulage actuelles (direction et vitesse de lacet).

Dans un mode de réalisation particulier, ledit intervalle de temps particulier correspond :

- à un intervalle de temps prédéterminé $T1$, par exemple 7 secondes, si la vitesse actuelle Va d'un point de référence (par exemple dudit point de référence 11) de l'avion A est supérieure ou égale à une vitesse limite $Vs3$, par exemple 0,2 kt (nœud) [environ 0,1 m/s] ; et
- 5 – à un intervalle de temps $T2$ vérifiant l'expression $T2 = (Vs3.T1)/Va$, si ladite vitesse actuelle Va est inférieure à ladite vitesse limite $Vs3$.

La comparaison précédente et la détermination dudit intervalle de temps particulier sont mises en œuvre par lesdits moyens de calcul 3.

- 10 Dans le cadre de la présente invention, on tient également compte de vitesses limites $Vs1$ et $Vs2$ qui sont telles que :
- lorsque la vitesse de l'avion A est au-dessous de (ou égale à) cette vitesse limite $Vs1$, par exemple 0,2 kt (environ 0,1 m/s), aucun signal d'alerte n'est émis par les moyens d'alerte 9, en cas de détection d'un risque d'incursion de l'avion A dans une zone interdite ZI ;
 - 15 – lorsque la vitesse de l'avion A est au-dessus de (ou égale à) cette vitesse limite $Vs2$, par exemple 80 kt (environ 40 m/s), ledit avion A n'est plus considéré en roulage et le dispositif 1 conforme à l'invention ne s'applique donc plus.

20 En général, chaque aéroport comporte une pluralité de zones interdites ZI dont les coordonnées sont toutes intégrées dans la base de données 5. Dans le cadre de la présente invention, une zone interdite ZI peut correspondre à :

- une zone de piste ZP telle que représentée sur la figure 2, qui correspond à une surface de l'aéroport, qui est définie autour d'une voie de roulement 18 (dont on a également représenté l'axe central 18A), par
- 25 exemple une piste d'atterrissage, un taxiway ou une bretelle d'accès ;
- ou
- une zone auxiliaire non représentée qui correspond à une surface de l'aéroport, qui est définie autour d'une barre d'arrêt dudit aéroport. On

entend par barre d'arrêt une peinture transversale sur les taxiways à l'approche des pistes. Il existe des barres d'arrêt CAT I (à 150 m de la piste) et CAT III (à 90 m de la piste). Lorsqu'un balisage lumineux est activé par mauvaise visibilité au niveau de cette barre d'arrêt, elle devient un arrêt (ou "stop bar" en anglais). Le pilote doit systématiquement marquer un bref arrêt au niveau des barres d'arrêt et demander au contrôle l'autorisation de passer.

Dans le cadre de la présente invention, les moyens d'alerte 9 peuvent émettre tout type de signal d'alerte lors de la détection d'un risque d'incursion dans une zone interdite ZI, et en particulier un signal d'alerte sonore ou un signal d'alerte visuel (de type quelconque).

Dans un mode de réalisation particulier, lesdits moyens d'alerte 9 émettent un signal d'alerte visuel sur un écran de navigation 19 usuel, de type ND ("Navigation Display" en anglais), comme représenté sur la figure 3.

De façon usuelle, un écran de navigation 19 comprend différents modes d'affichage, à savoir généralement :

- un mode dit "arc", pour lequel la position de l'avion A est illustrée par un symbole 20 qui se trouve au bas de l'écran de navigation 19, au centre de plusieurs arcs de cercle 21 munis d'échelles de cap et de distance, comme représenté sur la figure 3. Le symbole 20 est fixe et est orienté vers le haut. Le pilote peut ainsi situer facilement son avion A sur la carte de l'aéroport. La carte tourne et glisse en fonction du déplacement de l'avion A, dont le symbole 20 reste donc fixe ;
- un mode dit "rose", pour lequel le symbole de l'avion se trouve au centre de l'écran de navigation 19. Il est également fixe et est également orienté vers le haut. Plusieurs cercles concentriques fournissent des échelles de référence pour mesurer rapidement et visuellement les distances et le cap ; et

- un mode dit "plan" correspondant à une vue de dessus de l'aéroport, orientée vers le nord. L'avion A se déplace sur cette carte (qui est fixe).

Le signal d'alerte visuel émis conformément à la présente invention peut être mis en évidence sur l'écran de navigation 19, quel que soit le mode d'affichage utilisé par cet écran de navigation 19, que ce soit un mode arc, rose ou plan. A titre d'illustration non limitative, on a mis en évidence des caractéristiques de la présente invention sur un mode d'affichage de type arc sur la figure 3.

En plus des éléments précités, l'écran de navigation 19 affiche également une carte de l'aéroport comportant par exemple des bretelles d'accès 22 et une piste d'atterrissage 23.

Dans ce cas, un signal d'alerte visuel peut correspondre :

- à la mise en évidence visuelle (couleur différente, tracé plus épais, tracé clignotant, ...) sur l'écran de navigation 19 de la piste 23 sur laquelle un risque d'incursion a été détecté. Sur la figure 3, cette mise en évidence est illustrée par des traits de contour plus épais ; et/ou
- à l'affichage d'un message textuel 24 dans un rectangle d'affichage 25 prévu sur ledit écran de navigation 19.

Dans ce dernier cas, la position sur l'écran de navigation 19 du rectangle d'affichage 25 destiné au message textuel 24 dépend, de préférence, du mode d'affichage (par exemple un mode rose, plan ou arc) existant au moment de la détection du risque d'incursion.

En outre, dans un mode de réalisation particulier, ledit message textuel 24 comprend le nom de la piste correspondante, lorsque ladite zone interdite ZI représente une zone de piste définie autour d'une piste d'atterrissage 23. Ce nom comporte deux attributs I1 et I2, dont la position de l'un par rapport à l'autre (I1-I2 ou I2-I1) indique le côté de la piste 23 par lequel arrive l'avion A. Ce côté est déterminé à l'aide de l'orienta-

tion du vecteur vitesse du nez 4 de l'avion A et de l'orientation qui est prédéterminée de ladite piste d'atterrissage 23.

Bien entendu, il peut arriver que le dispositif 1 détecte plusieurs risques d'incursion de piste pour l'avion A. Dans ce cas, il signale tous les
5 risques d'incursion détectés, mais met plus particulièrement en évidence le risque d'incursion le plus proche, par exemple en le mentionnant en premier dans le message textuel 24 correspondant.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'aide à la navigation au sol d'un avion (A) sur un aéroport, procédé selon lequel on réalise, de façon automatique et répétitive, la suite d'étapes successives suivantes :

a) on détermine les valeurs courantes d'une pluralité de paramètres dudit avion (A), lesdits paramètres incluant :

- la position actuelle dudit point de référence (11);
- la vitesse actuelle dudit point de référence (11);
- la direction actuelle de l'avion (A); et
- 10 • la vitesse de lacet actuelle de l'avion (A);

b) à l'aide desdites valeurs courantes, on détermine une première position (P1) relative à l'avion (A) en prenant en compte un point de référence (11) prédéterminé de l'avion (A) et successivement :

- à l'aide de la position actuelle dudit point de référence (11), de la direction actuelle de l'avion (A) et d'un décalage vectoriel entre le nez (4) de l'avion (A) et ledit point de référence (11), on détermine la position actuelle (P0) du nez (4) de l'avion (A);

20 • à l'aide de la vitesse actuelle dudit point de référence (11), de la vitesse de lacet actuelle de l'avion (A) et du décalage vectoriel entre le nez (4) de l'avion (A) et ledit point de référence (11), on détermine la vitesse actuelle du nez (4) de l'avion (A); et

- à l'aide desdites position et vitesse actuelles ainsi déterminées du nez (4) de l'avion (A), ainsi que dudit intervalle de temps particulier, on détermine ladite première position (P1) qui correspond donc à une position extrapolée du nez (4) de l'avion (A) au terme dudit intervalle de temps;

c) on compare cette première position (P1) à au moins une zone interdite (ZI); et

d) si ladite première position (P1) se trouve dans ladite zone interdite (ZI), on émet au moins un signal d'alerte, caractérisé en ce qu'à l'étape b), on détermine une

première position (P1) qui correspond à une position extrapolée du nez (4) dudit avion (A) après un intervalle de temps particulier à partir de l'instant courant, lors de la navigation au sol dudit avion (A) sur l'aéroport, et en ce que ladite zone interdite (ZI) est une zone interdite prédéterminée de l'aéroport.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit point de référence (11) correspond à l'endroit de l'avion (A) où est installée une antenne de réception (12) d'un système de positionnement par satellites.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'à l'étape c), on compare ladite première position (P1) à une pluralité de zones interdites
10 prédéterminées (ZI) qui sont regroupées dans une liste de zones interdites.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite liste de zones interdites (ZI) comprend au moins une zone de piste (ZP) qui correspond à une surface de l'aéroport, définie autour d'une voie de roulement (18) dudit aéroport.

5. Procédé selon la revendication 3 et 4, caractérisé en ce que ladite liste de zones interdites (ZI) comprend au moins une zone auxiliaire qui correspond à une surface de l'aéroport, définie autour d'une barre d'arrêt dudit aéroport.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'on met en œuvre l'ensemble des étapes b), c) et d), uniquement si la vitesse actuelle d'un point de référence (11) de l'avion (A) est supérieure à une première
20 vitesse limite et inférieure à une deuxième vitesse limite.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ledit intervalle de temps particulier correspond :

- à un intervalle de temps prédéterminé T1, si la vitesse actuelle V_a d'un point de référence (11) de l'avion (A) est supérieure ou égale à une troisième vitesse limite V_{s3} ; et

- à un intervalle de temps $T2$ vérifiant l'expression $T2 = (Vs3.T1)/Va$, si ladite vitesse actuelle Va est inférieure à ladite troisième vitesse limite $Vs3$.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'à l'étape d), on émet un signal d'alerte visuel sur un écran de navigation (19).

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit signal d'alerte visuel correspond au moins à la mise en évidence sur l'écran de navigation (19) d'une piste correspondante (23), si ladite zone interdite représente une zone de piste.

10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que ledit signal d'alerte visuel correspond au moins à un message textuel (24) qui est affiché sur ledit
10 écran de navigation (19).

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la zone d'affichage (25) dudit message textuel (24) dépend du mode d'affichage existant au moment de l'affichage sur ledit écran de navigation (19).

12. Procédé selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que ledit message textuel (24) comprend le nom de la piste correspondante, si ladite zone interdite (ZI) représente une zone de piste (ZP) définie autour d'une piste d'atterrissage, en ce que ce nom comporte deux attributs (11, 12) dont la position de l'un par rapport à l'autre indique le côté de la piste (23) par lequel arrive l'avion (A), et en ce que ce côté est déterminé à l'aide d'une orientation du vecteur vitesse du nez (4) de l'avion (A) et
20 d'une orientation de ladite piste (23).

13. Dispositif d'aide à la navigation au sol d'un avion sur un aéroport, ledit dispositif (1) comportant :

- un ensemble (2) de sources d'informations pour déterminer les valeurs courantes d'une pluralité de paramètres dudit avion (A);

- des moyens de calcul (3) pour déterminer, à l'aide desdites valeurs courantes, une première position (P1) relative à l'avion (A);
 - des moyens de comparaison (6) pour comparer ladite première position (P1) à une zone interdite (ZI); et
 - des moyens d'alerte (9) pour émettre au moins un signal d'alerte si ladite première position (P1) se trouve dans ladite zone interdite (ZI), caractérisé en ce qu'il comporte, de plus, une base de données (5) qui comporte au moins une zone interdite (ZI) prédéterminée de l'aéroport, et qui est reliée auxdits moyens de comparaison (6), et en ce que lesdits moyens de calcul (3) sont formés de manière à
- 10 déterminer une première position (P1) qui correspond à une position extrapolée du nez (4) dudit avion (A) après un intervalle de temps particulier à partir de l'instant courant; lors de la navigation au sol dudit avion (A) sur l'aéroport.
14. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que lesdits moyens d'alerte (9) comprennent un écran d'affichage cockpit (19) de l'avion (A).
15. Avion, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif (1) susceptible de mettre en œuvre le procédé spécifié sous l'une quelconque des revendications 1 à 12.
16. Avion, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif (1) tel que celui spécifié sous la revendication 13 ou 14.

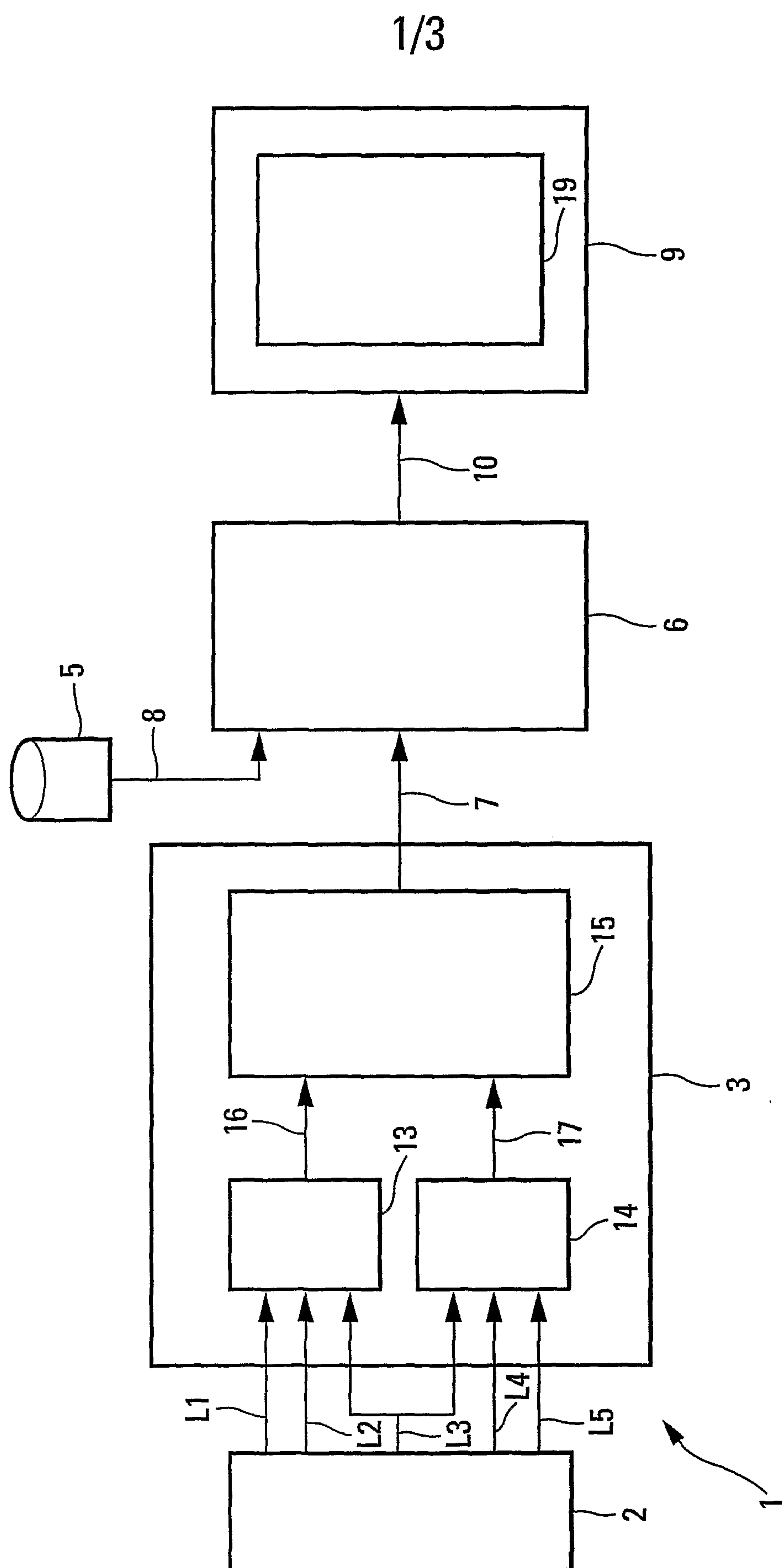


Fig. 1

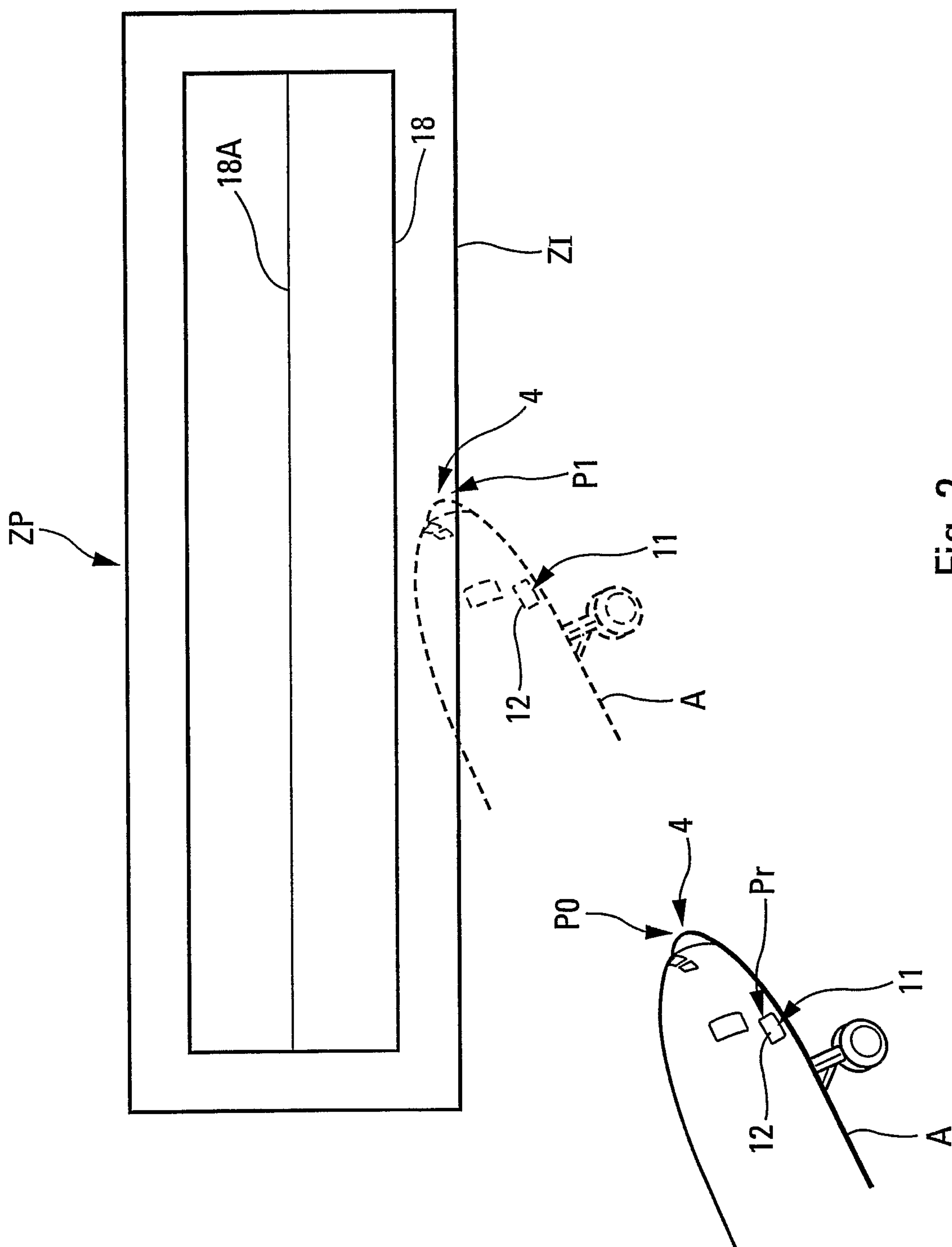


Fig. 2

3/3

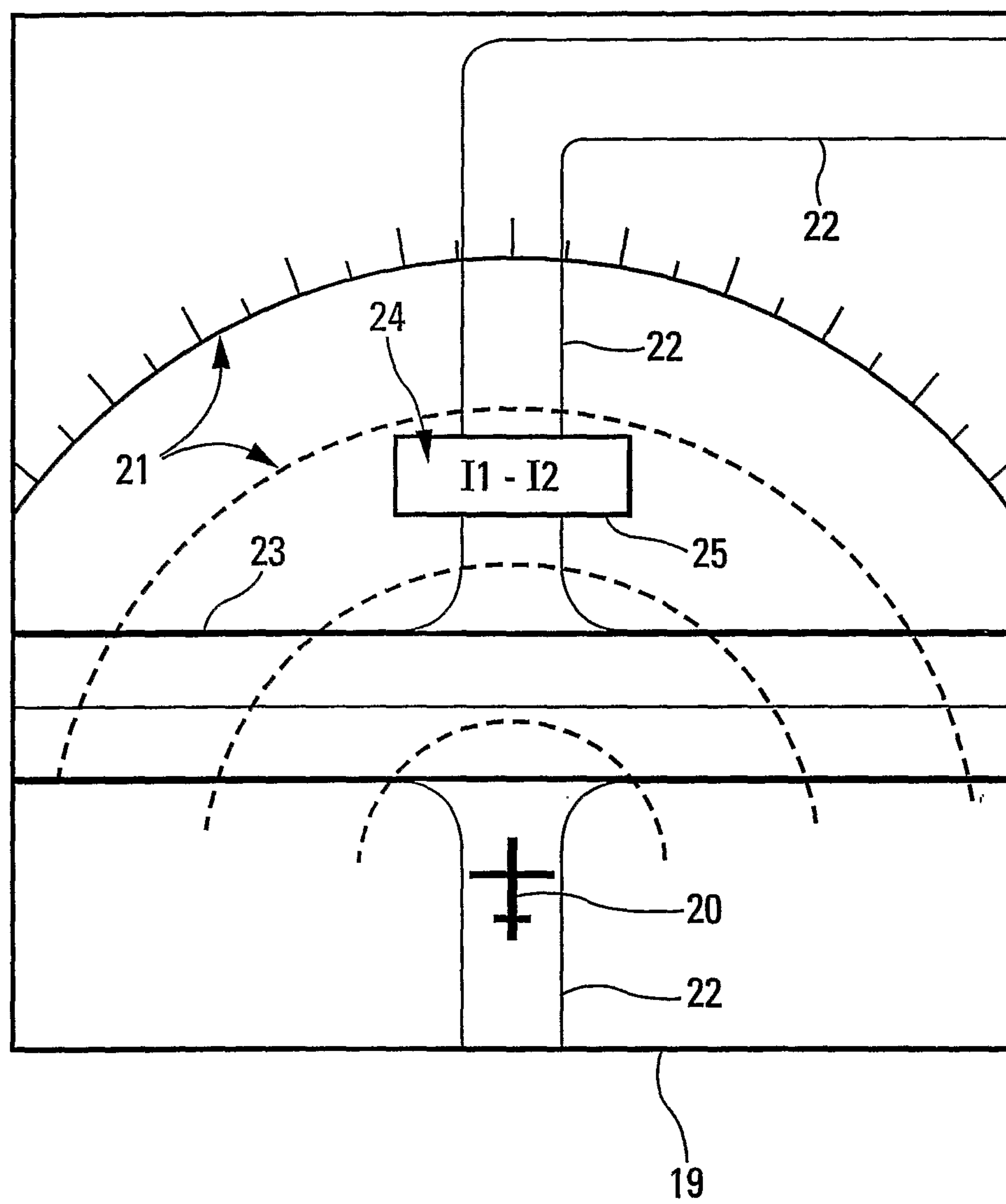


Fig. 3

