(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
18 décembre 2008 (18.12.2008)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2008/152242 A2

(51) Classification internationale des brevets :
G01P 5/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2008/000648

(22) Date de dépôt international : 7 mai 2008 (07.05.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0755050 14 mai 2007 (14.05.2007) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **AIRBUS FRANCE** [FR/FR]; 316, route de Bayonne, F-31060 Toulouse (FR).

(71) Déposant *(pour US seulement)* : **AIRBUS** [FR/FR]; 1, Rond Point Maurice Bellonte, F-31700 Blagnac (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **SPOERRY, Thomas** [FR/FR]; 17, rue Comminges, F-31600 OX (FR).

CHAUVEAU, Bruno [FR/FR]; 62, rue Noulet, F-31400 Toulouse (FR).

(74) Mandataire : **BONNANS, Amaud**; Santarelli, 14, Avenue de la Grande-Armée, F-75017 Paris (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, 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, LY, MA, MD, ME, 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.

(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,

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title:** DEVICE, SYSTEM AND METHOD OF ESTIMATING THE ANGLE OF ATTACK OF AN AIRCRAFT

(54) **Titre :** DISPOSITIF, SYSTÈME ET PROCÉDÉ D'ESTIMATION D'UN ANGLE D'INCIDENCE D'UN AÉRONEF

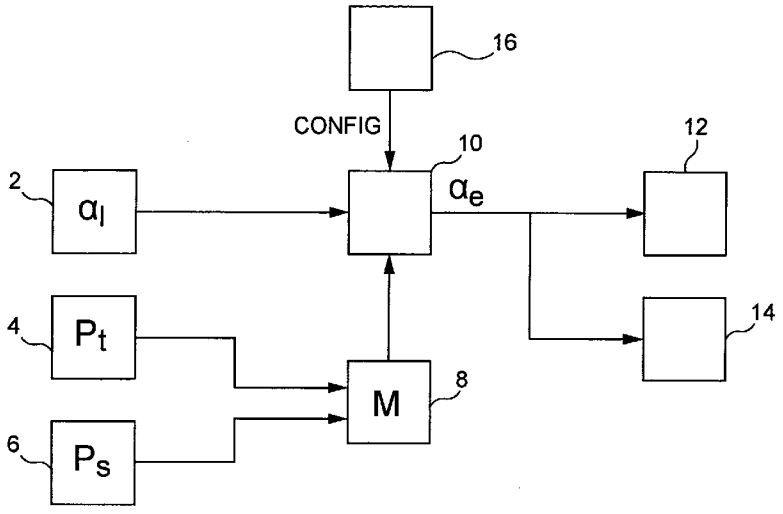


Fig. 1

(57) **Abstract:** A device for estimating the angle of attack of an aircraft moving through the air comprises means for receiving a measured incidence presented locally by the air relative to the aircraft and means for determining the angle of attack of the aircraft as a function of the measured incidence and information about the airspeed of the aircraft. The means for determining the angle of attack of the aircraft comprise means for reading the angle of attack of the aircraft from a look-up table having at least the measured incidence and the airspeed information as inputs. Corresponding system and a corresponding method are also proposed.

[Suite sur la page suivante]

WO 2008/152242 A2

FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))*

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

(57) Abrégé : Un dispositif d'estimation d'un angle d'incidence d'un aéronef en mouvement dans l'air comprend des moyens de réception d'une incidence mesurée présentée localement par l'air par rapport à l'aéronef, et des moyens pour déterminer l'angle d'incidence de l'aéronef en fonction de l'incidence mesurée et d'une information de vitesse de l'aéronef dans l'air. Les moyens pour déterminer l'angle d'incidence de l'aéronef comprennent des moyens pour lire l'angle d'incidence de l'aéronef dans une table de correspondance ayant au moins pour entrées l'incidence mesurée et l'information de vitesse. Un système et un procédé correspondants sont également proposés.

Dispositif, système et procédé d'estimation d'un angle d'incidence d'un aéronef

L'invention concerne un dispositif, un système et un procédé d'estimation de l'angle d'incidence d'un aéronef.

On estime traditionnellement l'angle d'incidence d'un aéronef en mouvement dans l'air au moyen de capteurs dédiés qui mesurent localement l'orientation dans un plan vertical des filets d'air par rapport à l'aéronef, ce qui donne immédiatement accès à l'incidence du mouvement relatif de l'aéronef dans l'air à l'endroit de la mesure.

Bien que déterminée localement, l'information d'incidence délivrée par le capteur est usuellement transmise aux différents systèmes de l'aéronef (que ce soient des systèmes d'affichage ou de navigation utilisant cette information) en tant qu'information représentative de l'angle d'incidence de l'ensemble de l'aéronef dans le flux d'air.

Il existe toutefois un écart entre l'angle d'incidence mesuré localement et l'angle d'incidence général de l'aéronef du fait de la situation particulière du capteur concerné. L'angle d'incidence de l'avion α_A peut par exemple être défini en effet comme l'angle entre l'axe X du fuselage et la direction $\vec{V}_A$ du vol dans la masse d'air.

On connaît par ailleurs, par exemple du document WO00/49419, des solutions dans lesquelles des valeurs d'angle d'incidence sont mémorisées en correspondance de valeurs basées sur la pression dans le but d'obtenir une valeur de l'angle d'incidence à partir de mesures de pression. Ces considérations sont toutefois sans rapport avec le problème évoqué ci-dessus.

Afin de résoudre le problème lié à la mesure locale de l'angle d'incidence, et d'améliorer par conséquent l'estimation de l'angle d'incidence de l'aéronef, l'invention propose un dispositif d'estimation d'un angle d'incidence d'un aéronef en mouvement dans l'air, caractérisé par des moyens de réception d'une incidence mesurée présentée localement par l'air par rapport à l'aéronef, et des moyens pour déterminer l'angle d'incidence de l'aéronef en fonction de l'incidence mesurée et d'une information de vitesse de l'aéronef dans l'air.

Les moyens pour déterminer l'angle d'incidence de l'aéronef comprennent des moyens pour lire l'angle d'incidence de l'aéronef dans une table de correspondance ayant au moins pour entrées l'incidence mesurée et l'information de vitesse.

On peut ainsi corriger l'erreur de mesure liée au positionnement du capteur, dont les inventeurs ont remarqué qu'elle dépendait en particulier de la vitesse de l'aéronef dans l'air.

L'information de vitesse représente par exemple un nombre de Mach de l'aéronef, particulièrement adapté à cet effet.

On peut prévoir par exemple des moyens de détermination de l'information de vitesse en fonction d'une information de pression statique et d'une information de pression totale.

On peut prévoir également des moyens pour sélectionner ladite table de correspondance en fonction d'une information indicative de la configuration des dispositifs sustentateurs de l'aéronef, ce qui permet d'adapter la correction à la configuration aérodynamique de l'aéronef.

L'invention propose ainsi également un système d'estimation d'un angle d'incidence d'un aéronef en mouvement dans l'air, caractérisé par des moyens de mesure d'une incidence présentée localement par l'air par rapport à l'aéronef et par des moyens pour déterminer l'angle d'incidence de l'aéronef en fonction de l'incidence mesurée et d'une information de vitesse de l'aéronef dans l'air tels que prévus ci-dessus.

En termes de procédé, l'invention propose un procédé d'estimation d'un angle d'incidence d'un aéronef en mouvement dans l'air, caractérisé par les étapes suivantes :

- mesure d'une incidence présentée localement par l'air par rapport à l'aéronef ;
- détermination de l'angle d'incidence de l'aéronef en fonction de l'incidence mesurée et d'une information de vitesse de l'aéronef dans l'air par lecture de l'angle d'incidence de l'aéronef dans une table de correspondance ayant au moins pour entrées l'incidence mesurée et l'information de vitesse.

Ce système et ce procédé peuvent incorporer des caractéristiques optionnelles correspondant à celles envisagées ci-dessus pour le dispositif d'estimation.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit, faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente un système d'estimation d'un angle d'incidence réalisé conformément aux enseignements de l'invention ;
- la figure 2 représente la partie avant d'un avion incorporant des sondes d'incidences.

Le système de la **figure 1** comprend un capteur ou sonde d'incidence 2 qui délivre une mesure d'un angle d'incidence locale α_l représentant l'incidence du flux d'air au niveau du capteur (par rapport à une référence fixe liée à l'aéronef).

Une telle sonde d'incidence est par exemple du type "*girouette*", c'est-à-dire formée d'une ailette montée sur un pivot de manière à se positionner dans l'écoulement local d'air au droit de la sonde, parallèlement au flux d'air à cet endroit.

On a représenté à titre d'exemple à la **figure 2** le positionnement d'une sonde d'incidence 2 à la surface du fuselage, dans la partie avant d'un aéronef (ici un avion) 20, précisément dans la région située sous le cockpit 22 et à l'avant de la porte avant 24 (le terme "*avant*" étant compris de manière classique, c'est-à-dire vers le nez 26 de l'avion, dans la direction X également illustrée sur la figure 2).

L'angle d'incidence mesuré α_l est ainsi l'angle formé localement entre l'orientation du vecteur vitesse de l'écoulement de l'air au droit de la sonde $\vec{v_l}$ et la direction X.

D'autres sondes d'incidence peuvent être prévues à la surface du fuselage de l'avion, comme par exemple une sonde d'incidence 2' visible en figure 2, ici située du même côté de l'avion 20 que la sonde d'incidence 2 dans un but de redondance.

L'avion 20 représenté à la figure 2 comprend également par exemple deux autres sondes d'incidence (non représentées) du côté opposé non visible sur la figure 2.

Les signaux mesurés par chacune des sondes d'incidence peuvent subir le traitement décrit ci-après à propos de la sonde d'incidence 2. En variante, les signaux issus de deux ou plusieurs sondes d'incidence peuvent être combinés afin d'en déduire un signal moyen, qui subira le traitement décrit ci-dessous.

Le système présenté à la figure 1 comprend également un capteur de pression totale 4 (par exemple du type "*pitot*") qui délivre un signal représentatif de la pression totale P_t et un capteur de pression statique 6 qui délivre un signal représentatif de la pression statique P_s.

Les signaux issus des capteurs de pression 4, 6 sont transmis, après traitement éventuel, à un module 8 de détermination du nombre de Mach M de l'avion, ou toute autre grandeur assimilable à un nombre de Mach, calculée à partir de signaux représentatifs d'une pression totale P_t et d'une pression statique P_s.

Les signaux représentatifs de la pression totale P_t et de la pression statique P_s sont par exemple transmis au module 8 sous forme de données numériques, auquel cas le module 8 est par exemple réalisé par la mise en œuvre dans un processeur d'un programme qui détermine le nombre de Mach M de l'avion, ou toute autre grandeur assimilable à un nombre de Mach, selon la formule de Saint-Venant (inversée) :

$$M = \sqrt{5.\left[\left(\frac{Pt}{Ps}\right)^{\frac{(\gamma-1)}{\gamma}} - 1\right]}.$$

On prendra par exemple pour de l'air : $\gamma = 1.4$.

L'information d'incidence locale α_l émise par la sonde d'incidence 2 (ou en variante par un ensemble de sondes d'incidence comme déjà mentionné) et le nombre de Mach M déterminé par le module 8 sont transmis à un module de correction d'incidence 10 qui génère, sur la base de ces informations, une information α_e représentative de l'angle d'incidence estimé pour l'ensemble de l'avion 20 (ci-après "*incidence avion*") selon des modalités qui vont être décrites à présent.

On rappelle ici que cet angle d'incidence est l'angle formé, dans un plan vertical, entre le vecteur vitesse de l'avion dans l'air et une référence liée à l'avion.

Dans un premier mode de réalisation, le module de correction 10 mémorise une pluralité de tables de correspondance.

Chaque table de correspondance contient un ensemble de valeurs de l'angle d'incidence estimé α_e associées chacune à des valeurs particulières de l'incidence locale α_l et du nombre de Mach M (qui constituent donc les entrées de la table de correspondance).

Chaque table de correspondance est par ailleurs associée à des conditions particulières de configuration des dispositifs sustentateurs (du type becs et volets), ce qui permet d'adapter la correction de l'angle d'incidence en fonction de la configuration aérodynamique de l'avion 20 (cette configuration ayant un effet sur la différence existant entre l'incidence locale mesurée α_l et l'incidence de l'ensemble de l'avion que l'on cherche à estimer).

Ainsi, le module de correction 10 sélectionne une table de correspondance en fonction de l'information de configuration CONFIG représentative de la position des dispositifs hypersustentateurs 16 et lit, dans la table de correspondance sélectionnée, la valeur estimée de l'incidence avion α_e associée aux valeurs d'incidence locale α_l et de nombre de Mach M que le module 10 reçoit respectivement de la sonde d'incidence 2 et du module de détermination du nombre de Mach 8.

L'incidence avion estimée α_e est alors transmise aux différents systèmes de l'avion utilisant cette information, à savoir par exemple un indicateur d'incidence pour l'équipage, les calculateurs de commandes de vol, le pilote automatique, etc.

Le module de correction 10 peut, comme le module de détermination du nombre de Mach 8, être réalisé sous forme d'un processeur exécutant un programme permettant la mise en œuvre des fonctionnalités qui viennent d'être exposées, et notamment la lecture des données dans des tables de correspondance mémorisées dans une mémoire associée à ce processeur.

Un tel système peut être intégré au sein du calculateur des données "*air*" qui équipe l'avion 20, communément dénommé par l'appellation ADC (pour "*Air Data Computer*").

Les tables de correspondance mentionnées ci-dessus sont par exemple renseignées lors d'essais en vol avec un appareil dédié qui comporte d'autres sondes de mesure de l'incidence (afin d'avoir une représentation précise de l'incidence avion). Cette étape correspond à une calibration des tables de correspondance qui peuvent alors être utilisées en série pour tous les appareils du même type.

Les exemples qui précèdent ne sont que des modes possibles de mise en œuvre de l'invention, qui ne s'y limite pas.

REVENDICATIONS

1. Dispositif d'estimation d'un angle d'incidence (α_e) d'un aéronef en mouvement dans l'air,

caractérisé par des moyens de réception d'une incidence mesurée (α_I) présentée localement par l'air par rapport à l'aéronef,

et des moyens (10) pour déterminer l'angle d'incidence (α_e) de l'aéronef en fonction de l'incidence mesurée (α_I) et d'une information de vitesse (M) de l'aéronef dans l'air, lesdits moyens pour déterminer l'angle d'incidence (α_e) de l'aéronef comprenant des moyens pour lire l'angle d'incidence (α_e) de l'aéronef dans une table de correspondance ayant au moins pour entrées l'incidence mesurée (α_I) et l'information de vitesse (M).

2. Dispositif selon la revendication 1, comprenant des moyens pour sélectionner ladite table de correspondance en fonction d'une information (CONFIG) indicative de la configuration des dispositifs sustentateurs de l'aéronef.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'information de vitesse est un nombre de Mach de l'aéronef.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, comprenant des moyens de détermination de l'information de vitesse en fonction d'une information de pression statique et d'une information de pression totale.

5. Système d'estimation d'un angle d'incidence d'un aéronef en mouvement dans l'air, caractérisé par des moyens de mesure d'une incidence présentée localement par l'air par rapport à l'aéronef, et par des moyens pour déterminer l'angle d'incidence de l'aéronef en fonction de l'incidence mesurée et d'une information de vitesse de l'aéronef dans l'air, lesdits moyens pour déterminer l'angle d'incidence (α_e) de l'aéronef comprenant des moyens pour lire l'angle d'incidence (α_e) de l'aéronef dans une table de correspondance ayant au moins pour entrées l'incidence mesurée (α_I) et l'information de vitesse (M).

6. Système selon la revendication 5, dans lequel les moyens de mesure comprennent une ailette montée sur un pivot de manière à se positionner parallèlement au flux d'air.

7. Procédé d'estimation d'un angle d'incidence (α_e) d'un aéronef en mouvement dans l'air, caractérisé par les étapes suivantes :

- mesure d'une incidence (α_l) présentée localement par l'air par rapport à l'aéronef ;
- détermination de l'angle d'incidence (α_e) de l'aéronef en fonction de l'incidence mesurée (α_l) et d'une information de vitesse (M) de l'aéronef dans l'air par lecture de l'angle d'incidence (α_e) de l'aéronef dans une table de correspondance ayant au moins pour entrées l'incidence mesurée (α_l) et l'information de vitesse (M).

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé par une étape de sélection de ladite table de correspondance en fonction d'une information (CONFIG) indicative de la configuration des dispositifs sustentateurs de l'aéronef.

9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, dans lequel l'information de vitesse est un nombre de Mach de l'aéronef.

10. Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, dans lequel la mesure inclut le positionnement d'une ailette montée sur pivot parallèlement au flux d'air.

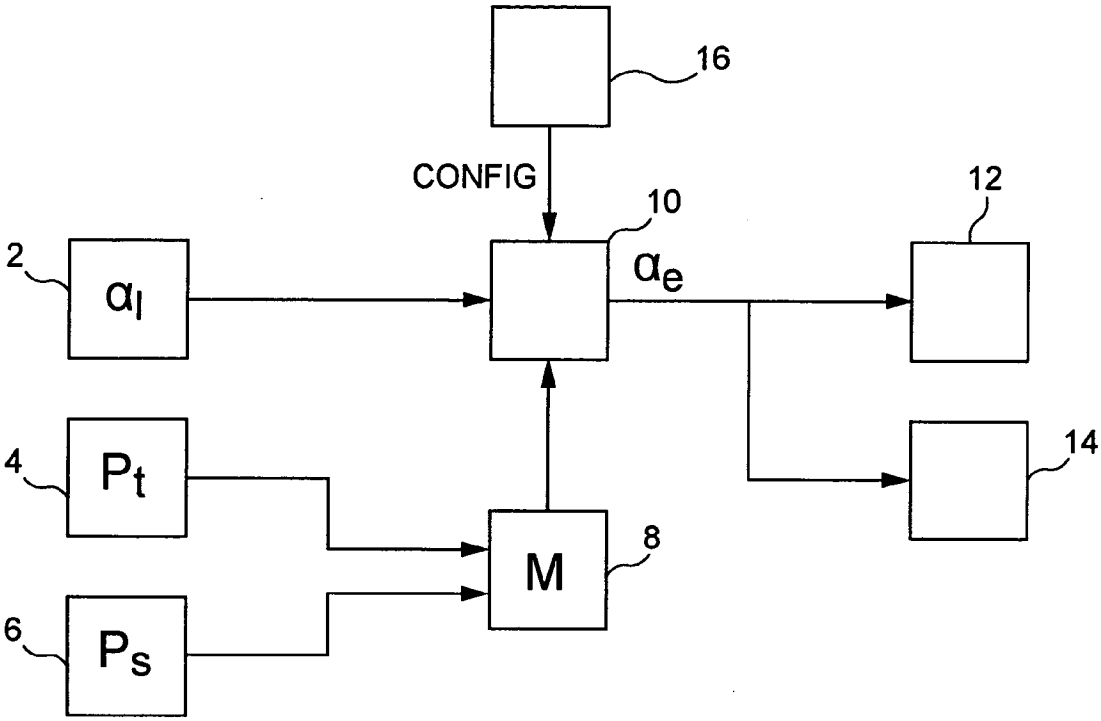

16
CONFIG
10
12
2
α_I
α_e
4
P_t
14
8
M
6
P_s

Fig. 1

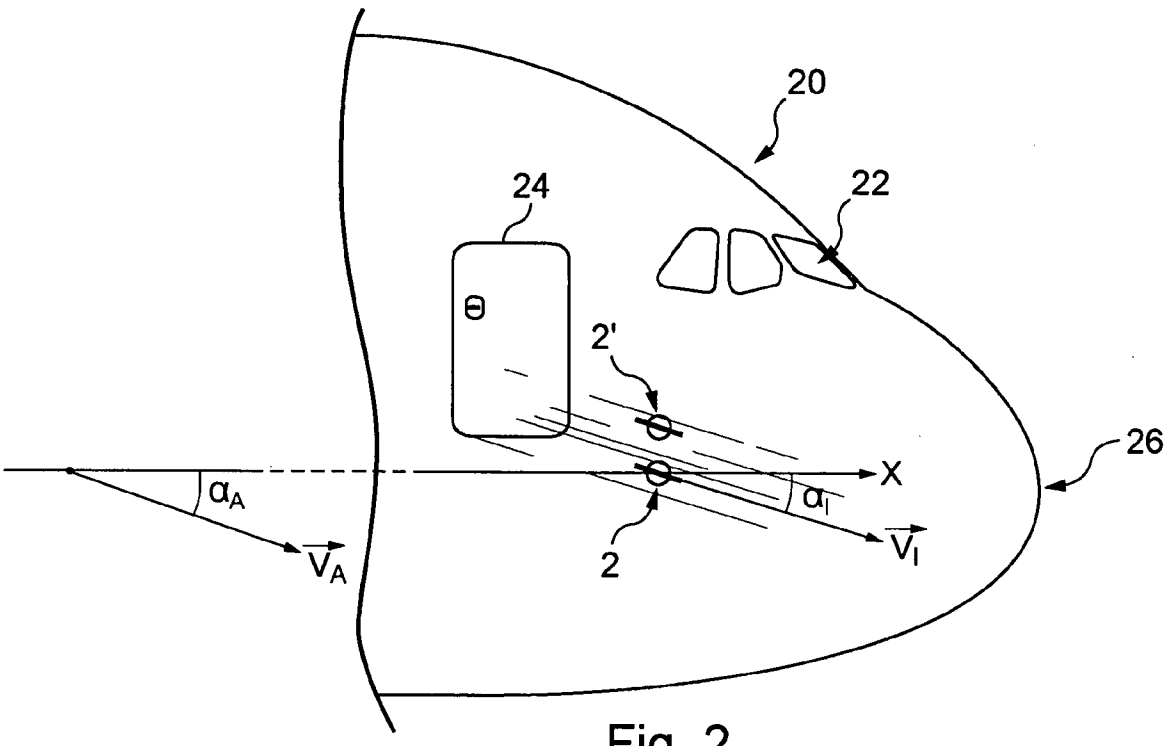

20
24
22
Θ
2'
26
X
α_A
α_I
$\vec{V}_A$
2
$\vec{V}_I$

Fig. 2