

(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
19 avril 2007 (19.04.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/042652 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G05D 1/06 (2006.01) **B64C 13/16** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2006/002256

(22) Date de dépôt international :
9 octobre 2006 (09.10.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
05 10341 11 octobre 2005 (11.10.2005) FR

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

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :

COLOMER, Alexandre [FR/FR]; 94 avenue des Minimes, F-31200 Toulouse (FR). **DEL SANTO, Xavier** [FR/FR]; 10 Avenue Edouard Belin, Ch. 3, 316, F-31000 Toulouse (FR).

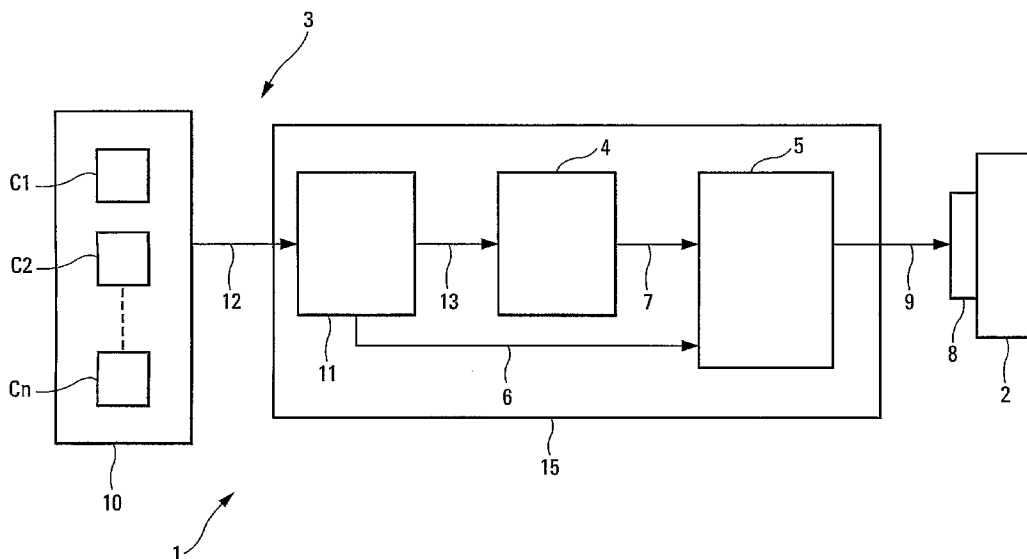
(74) Mandataire : **HAUER, Bernard**; Cabinet Bonnetat, 29, rue de St. Petersburg, F-75008 Paris (FR).

(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, 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.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ATTENUATING ON AN AIRCRAFT THE EFFECTS OF A VERTICAL TURBULENCE

(54) Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR ATTENUER SUR UN AERONEF LES EFFETS D'UNE TURBULENCE VERTICALE



(57) Abstract: The invention concerns a device (1) comprising means (4) for determining automatically, using a vertical wind component, a level of severity concerning a vertical turbulence, and means (5) for computing automatically, using said vertical wind component, a control instruction for a controllable member (2), which enables the amplitude of load factors generated on the aircraft by the vertical turbulence to be minimized.

(57) Abrégé : Le dispositif (1) comporte des moyens (4) pour déterminer automatiquement, à l'aide d'une composante verticale du vent, un niveau de sévérité concernant une turbulence verticale, et des moyens (5) pour calculer automatiquement, à l'aide de cette composante verticale du vent, un ordre de commande pour un organe mobile commandable (2), qui permet de minimiser l'amplitude des facteurs de charge engendrés sur l'aéronef par la turbulence verticale.

WO 2007/042652 A1



(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).

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 dispositif pour atténuer sur un aéronef les effets d'une turbulence verticale.

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour atténuer sur un aéronef les effets d'au moins une turbulence verticale rencontrée par cet aéronef au cours d'un vol.

On sait qu'au cours d'un vol des turbulences violentes liées à des rafales de vent vertical peuvent causer au niveau de l'aéronef :

- d'importantes variations de facteur de charge vertical susceptibles de provoquer des blessures aux passagers de l'aéronef ;
- une déviation importante de l'aéronef en altitude, ce qui augmente le risque de collision avec un autre aéronef ; et
- des pics de portance sur la voilure, qui éprouvent les limites de charge de cette dernière.

Ces turbulences violentes peuvent apparaître en ciel clair et demeurent imprévisibles. Souvent, ces phénomènes qui sont localisés surprennent à la fois l'équipage de l'aéronef et les systèmes de pilotage embarqués, qui n'ont pas le temps d'effectuer les manœuvres adéquates pour en atténuer les effets qui en résultent au niveau de l'aéronef.

On notera que, pour un avion de transport, l'apparition de facteurs de charge verticaux négatifs est très dangereuse pour les passagers qui ne sont pas fermement attachés. Ils peuvent en effet être projetés au plafond et risquent des blessures graves.

Les problèmes précités sont accentués par la diversité des profils de turbulence verticale possibles.

La présente invention a pour objet de remédier à ces inconvénients. Elle concerne un procédé permettant d'atténuer, de façon particulièrement efficace, sur un aéronef, en particulier un avion de transport,

les effets d'au moins une turbulence verticale rencontrée par cet aéronef au cours d'un vol.

A cet effet, selon l'invention, ledit procédé est remarquable en ce que l'on réalise au cours du vol, de façon automatique et itérative, la suite d'étapes successives suivante :

- a) on détermine une composante verticale du vent existant à l'extérieur de l'aéronef à une position courante dudit aéronef ;
- b) à l'aide de cette composante verticale du vent, on détermine un niveau de sévérité concernant une turbulence verticale existant à l'extérieur de l'aéronef à ladite position courante ;
- c) à l'aide de ladite composante verticale du vent, on calcule au moins un ordre de commande pour au moins un organe mobile commandable qui est susceptible d'agir sur la portance de l'aéronef, ledit ordre de commande étant tel qu'il permet de minimiser l'amplitude des facteurs de charge engendrés sur l'aéronef par la turbulence verticale ; et
- d) on vérifie si des conditions d'activation dépendant au moins dudit niveau de sévérité sont réalisées ; et
- e) si lesdites conditions d'activation sont réalisées, on transmet ledit ordre de commande à au moins un actionneur dudit organe mobile commandable.

Ainsi, grâce à l'invention, on détermine un niveau de sévérité de la turbulence verticale pour savoir s'il est nécessaire de mettre en œuvre des actions d'atténuation des effets de la turbulence verticale. Lorsque de telles actions sont nécessaires, on agit (par l'intermédiaire dudit organe mobile) sur la portance totale de l'aéronef, ce qui permet de minimiser l'amplitude du facteur de charge vertical en tout point de la cabine de l'aéronef. La présente invention permet ainsi de combattre les brutales variations de facteur de charge vertical, engendrées par des turbulences verticales violentes du type précité.

De façon avantageuse, pour déterminer la composante verticale du vent :

a1) on mesure les valeurs effectives d'une pluralité de paramètres de l'aéronef à ladite position courante ; et

5 a2) on calcule ladite composante verticale du vent, en tenant compte des dites valeurs effectives mesurées.

Dans ce cas, avantageusement, pour un avion :

– à l'étape a1), on mesure :

10 ▪ à l'aide d'une centrale inertielle, la vitesse verticale V_z de l'avion par rapport au sol, l'angle ϕ d'inclinaison des ailes de l'avion par rapport à l'horizontale, l'assiette θ de l'avion par rapport à l'horizontale, et sa vitesse de tangage q ;

▪ à l'aide d'une sonde anémométrique, la vitesse V_{tas} de l'avion par rapport à la masse d'air dans laquelle évolue cet avion ;

15 ▪ à l'aide d'une sonde d'incidence, l'angle d'incidence α de l'avion ; et

▪ à l'aide d'une sonde de dérapage, l'angle de dérapage β de l'avion ; et

20 – à l'étape a2), on calcule la composante verticale W_z du vent, à l'aide de l'expression suivante :

$$W_z = V_z + V_{tas} \cdot (\cos\phi \cdot \cos\theta \cdot \cos\beta \cdot \sin[\alpha + (q \cdot \ell / V_{tas})]$$

$$- \sin\theta \cdot \cos\beta \cdot \cos[\alpha + (q \cdot \ell / V_{tas})] + \sin\beta \cdot \cos\theta \cdot \sin\phi)$$

dans laquelle ℓ représente la distance algébrique entre la sonde d'incidence et le centre de gravité de l'avion.

25 Par ailleurs, de façon avantageuse, on détermine le niveau de sévérité de la turbulence verticale, en fonction de l'écart en facteur de charge vertical entre un facteur de charge à l'équilibre pour l'aéronef et un facteur de charge résultant de la turbulence verticale.

Dans ce cas, de préférence, ledit niveau de sévérité correspond :

- à un premier niveau, lorsque ledit écart en facteur de charge vertical est inférieur ou égal à une première valeur prédéterminée ;
- à un deuxième niveau, lorsque ledit écart en facteur de charge vertical est supérieur à ladite première valeur prédéterminée et inférieur à une
- 5 seconde valeur prédéterminée ; et
- à un troisième niveau, lorsque ledit écart en facteur de charge vertical est supérieur ou égal à ladite seconde valeur prédéterminée.

10 Dans une première variante de réalisation, on détermine ledit niveau de sévérité de la turbulence verticale à partir de deux combinaisons linéaires de la composante verticale du vent et de sa dérivée, et, dans une seconde variante de réalisation, on détermine ledit niveau de sévérité à partir du calcul de deux probabilités.

Par ailleurs, dans un mode de réalisation particulier :

- 15 – on calcule ledit ordre de commande à partir d'une combinaison linéaire de la composante verticale du vent et de sa dérivée ; et/ou
- lesdites conditions d'activation dépendent à la fois du niveau de sévérité de la turbulence verticale et de l'écart entre la valeur dudit ordre de commande et une valeur de seuil prédéterminée.

20 Dans un mode de réalisation particulier, pour un avion, on transmet l'ordre de commande à au moins l'un des organes mobiles suivants de l'avion : un spoiler et un aileron, et on détermine (et transmet à une gouverne de profondeur de l'avion) au moins un ordre de commande auxiliaire destiné à compenser le moment de tangage engendré par la commande dudit organe mobile.

25 La présente invention concerne également un dispositif pour atténuer sur un aéronef les effets d'au moins une turbulence verticale rencontrée par cet aéronef, par exemple un avion de transport, au cours d'un vol.

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

- au moins un organe mobile commandable qui est susceptible d'agir sur la portance de l'aéronef ;
- 5 – des premiers moyens pour déterminer une composante verticale du vent existant à l'extérieur de l'aéronef à une position courante dudit aéronef ;
- des deuxièmes moyens pour déterminer automatiquement, à l'aide de cette composante verticale du vent, un niveau de sévérité concernant une turbulence verticale existant à l'extérieur de l'aéronef à ladite position courante ;
- 10 – des troisièmes moyens pour calculer automatiquement, à l'aide de ladite composante verticale du vent, au moins un ordre de commande pour ledit organe mobile commandable, ledit ordre de commande étant tel qu'il permet de minimiser l'amplitude des facteurs de charge engendrés sur l'aéronef par la turbulence verticale ; et
- 15 – des quatrièmes moyens pour vérifier automatiquement si des conditions d'activation dépendant au moins dudit niveau de sévérité sont réalisées, et pour transmettre automatiquement ledit ordre de commande à au moins un actionneur dudit organe mobile commandable, lorsque lesdites conditions d'activation sont réalisées.
- 20

Le dispositif conforme à la présente invention permet donc d'atténuer l'amplitude du facteur de charge vertical engendré par une turbulence verticale, et ceci en tout point de l'aéronef. Il permet également de réduire d'éventuelles variations d'altitude.

25

De plus, ce dispositif conforme à l'invention présente l'avantage de pouvoir être implanté sur tout type d'aéronef (militaire, civil, commercial) muni d'au moins un organe mobile (spoiler, aileron, ...) de type quelconque ayant un effet sur la portance.

Dans un mode de réalisation particulier, lesdits premiers moyens comportent :

- un ensemble d'éléments de mesure pour mesurer automatiquement les valeurs effectives d'une pluralité de paramètres de l'aéronef à ladite position courante ; et
- un moyen de calcul pour calculer automatiquement ladite composante verticale du vent, en tenant compte desdites valeurs effectives mesurées.

De préférence, ledit ensemble d'éléments de mesure comporte au moins une centrale inertielle, au moins une sonde anémométrique et au moins une sonde d'incidence, ainsi qu'éventuellement au moins une sonde de dérapage. L'utilisation d'une sonde de dérapage permet d'augmenter la précision de la composante verticale du vent. Généralement, les éléments de mesure précédents existent déjà sur l'aéronef, ce qui permet notamment de réduire le coût du dispositif conforme à l'invention.

Pour réduire davantage encore le coût dudit dispositif, avantageusement, lesdits deuxièmes et troisièmes moyens, ainsi que ledit moyen de calcul, font partie d'un système de pilotage automatique de l'aéronef.

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 montre schématiquement un exemple de réalisation particulier d'un dispositif conforme à l'invention.

Le dispositif 1 conforme à l'invention et représenté schématiquement sur la figure 1, est destiné à atténuer sur un aéronef non représenté, par exemple un avion de transport, les effets d'au moins une turbulence verticale rencontrée par cet aéronef au cours d'un vol. On sait qu'une tur-

bulence correspond à une agitation de l'air qui se superpose au mouvement moyen de l'air et qui est constituée par des mouvements désordonnés, en continuelle transformation. Une turbulence se rencontre à l'intérieur ou au voisinage des nuages (par exemple dans un nuage orageux où coexistent des courants verticaux de sens contraires). Il existe également des turbulences en ciel clair, soit près du sol, soit surtout à très haute altitude à proximité de courants jets.

Selon l'invention, ledit dispositif 1 comporte :

- au moins un organe mobile 2 qui est commandable et qui est susceptible d'agir sur la portance de l'aéronef ;
- des moyens 3 précisés ci-dessous, pour déterminer une composante verticale W_z du vent qui existe à l'extérieur de l'aéronef à la position courante de ce dernier ;
- des moyens 4 pour déterminer automatiquement, à l'aide de la composante verticale W_z du vent reçue desdits moyens 3, un niveau de sévérité permettant de caractériser la turbulence verticale existant à l'extérieur de l'aéronef à ladite disposition courante ; et
- des moyens 5 pour, successivement :
 - calculer automatiquement, à l'aide de la composante verticale W_z du vent reçue par l'intermédiaire d'une liaison 6, un ordre de commande pour ledit organe mobile 2 commandable. Cet ordre de commande est tel qu'il permet de minimiser l'amplitude des facteurs de charge qui sont engendrés sur l'aéronef par la turbulence verticale, comme précisé ci-dessous ;
 - vérifier automatiquement si des conditions d'activation (qui dépendent au moins dudit niveau de sévérité reçues par l'intermédiaire d'une liaison 7 desdits moyens 4) sont réalisées ; et
 - transmettre automatiquement ledit ordre de commande calculé à un actionneur usuel 8 dudit organe mobile 2 commandable, par l'inter-

médiaire d'une liaison 9, lorsque lesdites conditions d'activation sont réalisées et uniquement dans ce cas.

Ainsi, le dispositif 1 conforme à l'invention détermine un niveau de sévérité de la turbulence verticale, pour savoir s'il est nécessaire de mettre en œuvre des actions d'atténuation des effets de la turbulence verticale. Lorsque de telles actions sont nécessaires, ledit dispositif 1 agit (par l'intermédiaire dudit organe mobile 2) sur la portance totale de l'aéronef, ce qui permet de minimiser l'amplitude du facteur de charge vertical de l'aéronef, et ceci en tout point de sa cabine. Le dispositif 1 conforme à la présente invention permet ainsi de combattre notamment les variations de facteur de charge vertical, qui sont engendrées par des turbulences verticales violentes et qui sont généralement particulièrement brutales.

Dans un mode de réalisation préféré, lesdits moyens 3 destinés à déterminer la composante verticale W_z du vent, comportent :

- une unité de mesure 10 précisée ci-dessous, pour mesurer la valeur effective d'une pluralité de paramètres de l'aéronef à ladite position courante ; et
- un moyen de calcul 11 qui est relié par l'intermédiaire d'une liaison 12 à ladite unité de mesure 10 et qui est formé de manière à calculer ladite composante verticale W_z du vent, en tenant compte des valeurs effectives mesurées par ladite unité de mesure 10.

A cet effet, ladite unité de mesure 10 comporte une pluralité d'éléments de mesure ou capteurs $C_1, C_2, \dots, C_n$ destinés à mesurer les valeurs effectives desdits paramètres précités de l'aéronef.

Ledit moyen de calcul 11 est relié par l'intermédiaire d'une liaison 13 auxdits moyens 4 et, par l'intermédiaire de la liaison 6, auxdits moyens 5.

Dans un mode de réalisation particulier, lesdits moyens 4 et 5 et ledit moyen de calcul 11 sont intégrés dans une unité centrale 15 qui fait

par exemple partie d'un système de pilotage automatique usuel de l'aéronef. Comme un tel système de pilotage automatique existe en général déjà sur l'aéronef, ce mode de réalisation particulier permet de réduire le coût du dispositif 1 conforme à l'invention et de simplifier sa réalisation.

5 Dans un mode de réalisation particulier, lesdits moyens 5 déterminent le niveau de sévérité de la turbulence verticale, en fonction de l'écart en facteur de charge vertical entre un facteur de charge existant à l'équilibre sur l'aéronef et un facteur de charge existant en réponse à la turbulence verticale.

10 Dans ce cas, le niveau de sévérité correspond :

- à un premier niveau (appelé par exemple niveau 0), lorsque ledit écart en facteur de charge vertical est inférieur ou égal à une première valeur prédéterminée, par exemple 0,3 g, g correspondant à la valeur de l'accélération créée à la surface de la terre par la force gravitationnelle ;
- 15 – à un deuxième niveau (appelé par exemple niveau 1), lorsque ledit écart en facteur de charge vertical est supérieur à ladite première valeur prédéterminée (0,3 g par exemple) et est inférieur à une seconde valeur prédéterminée, par exemple 0,5 g ; et
- à un troisième niveau (appelé par exemple niveau 2), lorsque ledit écart
20 en facteur de charge vertical est supérieur ou égal à ladite seconde valeur prédéterminée (0,5 g par exemple).

Dans une première variante de réalisation, lesdits moyens 4 déterminent ledit niveau de sévérité de la turbulence verticale à partir de deux combinaisons linéaires de la composante verticale W_z du vent et de sa dérivée. Les coefficients d'une telle combinaison linéaire sont optimisés
25 de sorte que les niveaux soient reconnus au mieux par l'algorithme. Si l'une de ces combinaisons dépasse un premier seuil prédéterminé, on obtient le niveau 1, et si l'autre dépasse un second seuil prédéterminé, on obtient le niveau 2. Le niveau 2 est prioritaire sur le niveau 1.

En outre, dans une seconde variante de réalisation, lesdits moyens 4 déterminent ledit niveau de sévérité à partir du calcul de deux probabilités, à savoir d'une part la probabilité de subir des écarts de facteur de charge vertical (dans une durée prédéterminée à venir, par exemple dans une seconde) de plus d'une première valeur prédéterminée, par exemple de plus de 0,3 g, et d'autre part la probabilité de subir des écarts de facteur de charge vertical (pendant cette durée prédéterminée à venir) de plus d'une deuxième valeur prédéterminée, par exemple de plus de 0,5 g. Ces deux probabilités sont calculées à partir de la composante verticale W_z du vent reçue des moyens 3, de l'angle d'incidence α de l'aéronef et de la vitesse de tangage $\underline{q}$ de l'aéronef. Si la probabilité associée aux écarts de 0,3 g dépasse un seuil prédéterminé, on obtient le niveau 1. Si la probabilité associée aux écarts de 0,5 g dépasse un autre seuil prédéterminé, on obtient le niveau 2. Les formules de probabilité sont données à partir de l'apprentissage de réseaux de neurones. Le niveau 2 est prioritaire sur le niveau 1.

En outre, dans un mode de réalisation particulier, lesdits moyens 5 calculent ledit ordre de commande pour l'organe mobile 2, à partir d'une combinaison linéaire de la composante verticale W_z du vent et de sa dérivée.

En outre, lesdites conditions d'activation prises en compte par les moyens 5 dépendent du niveau de sévérité de la turbulence verticale, reçu desdits moyens 4 par l'intermédiaire de la liaison 7, ainsi que de la valeur dudit ordre de commande, qui est comparée à une valeur de seuil. Pour que le système soit activé (c'est-à-dire que les conditions d'activation soient réalisées), il faut que, dans l'exemple précité, le niveau de sévérité soit au moins au niveau 1 et l'ordre de commande dépasse une valeur de seuil prédéterminée. Ensuite, si l'ordre de commande reste inférieur à une valeur prédéterminée, durant un temps prédéterminé, sans apparition du

niveau 2, l'ordre de commande est annulé. L'ordre de commande est également annulé si le niveau de sévérité passe du niveau 2 au niveau 1, avec une dérivée de l'incidence qui est négative.

Dans un mode de réalisation préféré représenté sur la figure 2, qui est appliqué à un avion, ladite unité de mesure 10 comporte comme capteurs C1, C2, C3 et C4 qui sont reliés respectivement par l'intermédiaire de liaisons 12A, 12B, 12C et 12D audit moyen de calcul 11 :

- une sonde d'incidence C1 usuelle, pour mesurer l'angle d'incidence α de l'avion ;
- une sonde de dérapage C2 usuelle, pour mesurer l'angle de dérapage β de l'avion ;
- une centrale inertielle C3 usuelle, pour mesurer la vitesse verticale V_z de l'avion par rapport au sol, l'angle ϕ d'inclinaison des ailes de l'avion par rapport à l'horizontale, l'assiette θ de l'avion par rapport à l'horizontale, et sa vitesse de tangage q ; et
- une sonde anémométrique C4 usuelle, pour mesurer la vitesse V_{tas} de l'avion par rapport à la masse d'air dans laquelle évolue cet avion.

Dans cet exemple, le moyen de calcul 11 calcule la composante verticale W_z du vent, à l'aide de l'expression suivante :

$$W_z = V_z + V_{tas} \cdot (\cos\phi \cdot \cos\theta \cdot \cos\beta \cdot \sin[\alpha + (q \cdot \ell / V_{tas})] - \sin\theta \cdot \cos\beta \cdot \cos[\alpha + (q \cdot \ell / V_{tas})] + \sin\beta \cdot \cos\theta \cdot \sin\phi)$$

dans laquelle ℓ représente la distance algébrique entre la sonde d'incidence C1 et le centre de gravité de l'avion.

De plus, dans cet exemple de la figure 2, la sonde d'incidence C1 est reliée par l'intermédiaire d'une liaison 16A aux moyens 4 pour leur fournir l'angle d'incidence α , et la centrale inertielle C3 est reliée par l'intermédiaire d'une liaison 16C auxdits moyens 4 pour leur fournir la vitesse de tangage q . Cet angle d'incidence α et cette vitesse de tangage q peuvent être utilisés par les moyens 4 pour déterminer le niveau de sévérité

de la turbulence verticale, conformément à la seconde variante de réalisation précitée.

En outre, dans l'exemple de la figure 2, le dispositif 1 conforme à l'invention comporte comme organe mobile :

- 5 – au moins un spoiler 2A usuel, qui est monté sur une aile 17 de l'avion et qui est associé à un moyen d'actionnement usuel 8A relié par l'intermédiaire d'une liaison 9A auxdits moyens 5 ; et
- au moins un aileron 2B usuel, qui est également monté sur une aile 17 et qui est associé à un actionneur usuel 8B relié par l'intermédiaire
10 d'une liaison 9B auxdits moyens 5.

Comme indiqué précédemment, les ordres de commande pour le ou les spoilers 2A et le ou les ailerons 2B sont obtenus à partir d'une combinaison linéaire de la composante verticale W_z du vent et de sa dérivée.

- 15 En outre, dans un mode de réalisation particulier, lesdits moyens 5 déterminent de plus un ordre de commande auxiliaire, et ils transmettent cet ordre de commande auxiliaire, par l'intermédiaire d'une liaison 18, à un actionneur usuel 19 d'une gouverne de profondeur usuelle 20 qui est montée sur un empennage horizontal 21 de l'avion. Cet ordre de
20 commande auxiliaire est destiné à compenser le moment de tangage qui est engendré par la commande (conforme à l'invention) du ou des spoilers 2A et du ou des ailerons 2B. Ledit ordre de commande auxiliaire est proportionnel aux ordres de commande du ou des spoilers 2A et du ou des ailerons 2B, selon un gain calculé à partir du cas de vol (masse, centrale,
25 vitesse et altitude de l'avion). Les différents ordres sont mis en phase. La mise en phase consiste à rendre égaux le temps nécessaires à chaque élément mobile (organe mobile 2A, 2B ; gouverne de profondeur 20) pour atteindre la valeur de consigne. Ce temps est choisi comme celui de l'élé-

ment mobile (organe mobile 2A, 2B ; gouverne de profondeur 20) le plus lent.

Bien entendu, les ordres de commande déterminés conformément à la présente invention sont superposés aux ordres fournis de façon usuelle par d'autres organes de pilotage de l'aéronef, avant d'être transmis aux actionneurs 8A, 8B, 19 des éléments mobiles (organe mobile 2A, 2B ; gouverne de profondeur 20). Ainsi, le dispositif 1 conforme à l'invention s'applique aussi bien à un système de commande de vol manuel d'aéronef qu'à un système de commande de vol automatique d'aéronef.

Le dispositif 1 conforme à la présente invention permet donc d'atténuer l'amplitude du facteur de charge vertical engendré par une turbulence verticale, et ceci en tout point de l'aéronef. Il permet également de réduire d'éventuelles variations d'altitude.

De plus, ce dispositif 1 conforme à l'invention présente l'avantage de pouvoir être implanté sur tout type d'aéronef (militaire, civil, commercial) muni d'au moins un organe mobile de type quelconque (spoiler 2A, aileron 2B) ayant un effet sur la portance de l'aéronef.

Dans le cadre de la présente invention, le mode de calcul précité de la composante verticale W_z du vent peut être complété ou remplacé par une sonde spécifique ou par des informations extérieures aux systèmes de l'aéronef, par exemple des communications de relevés météorologiques reçues depuis le sol ou d'un autre aéronef.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour atténuer sur un aéronef les effets d'au moins une turbulence verticale rencontrée par cet aéronef au cours d'un vol, procédé selon lequel on réalise au cours du vol, de façon automatique, la suite d'étapes successives suivante :

a) on détermine une composante verticale du vent existant à l'extérieur de l'aéronef à une position courante dudit aéronef ;

c) à l'aide de ladite composante verticale du vent, on calcule au moins un ordre de commande pour au moins un organe mobile commandable (2, 2A, 2B) qui est susceptible d'agir sur la portance de l'aéronef, ledit ordre de commande étant tel qu'il permet de minimiser l'amplitude des facteurs de charge engendrés sur l'aéronef par la turbulence verticale ; et

e) on transmet ledit ordre de commande à au moins un actionneur (8, 8A, 8B) dudit organe mobile commandable (2, 2A, 2B), caractérisé en ce que :

– on réalise de plus au cours dudit vol, de façon automatique, les étapes suivantes :

b) à l'aide de ladite composante verticale du vent, on détermine un niveau de sévérité concernant une turbulence verticale existant à l'extérieur de l'aéronef à ladite position courante, ledit niveau de sévérité de la turbulence verticale étant déterminé en fonction de l'écart en facteur de charge vertical entre un facteur de charge à l'équilibre pour l'aéronef et un facteur de charge résultant de la turbulence verticale ; et

d) on vérifie si des conditions d'activation dépendant au moins dudit niveau de sévérité sont réalisées ; et

- à l'étape e), on transmet ledit ordre de commande audit actionneur (8, 8A, 8B) dudit organe mobile commandable (2, 2A, 2B) lorsque lesdites conditions d'activation sont réalisées.

2. Procédé selon la revendication 1,

5 caractérisé en ce que, pour déterminer la composante verticale du vent :

- a1) on mesure les valeurs effectives d'une pluralité de paramètres de l'aéronef à ladite position courante ; et
- a2) on calcule ladite composante verticale du vent, en tenant compte desdites valeurs effectives mesurées.

10 3. Procédé selon la revendication 2,

caractérisé en ce que, pour un avion :

- à l'étape a1), on mesure :

- . à l'aide d'une centrale inertielle (C3), la vitesse verticale V_z de l'avion par rapport au sol, l'angle ϕ d'inclinaison des ailes de l'avion par rapport à l'horizontale, l'assiette θ de l'avion par rapport à l'horizontale, et sa vitesse de tangage q ;
- . à l'aide d'une sonde anémométrique (C4), la vitesse V_{tas} de l'avion par rapport à la masse d'air dans laquelle évolue cet avion ;
- . à l'aide d'une sonde d'incidence (C1), l'angle d'incidence α de l'avion ; et
- . à l'aide d'une sonde de dérapage (C2), l'angle de dérapage β de l'avion ; et

- à l'étape a2), on calcule la composante verticale W_z du vent, à l'aide de l'expression suivante :

25
$$W_z = V_z + V_{tas} \cdot (\cos\phi \cdot \cos\theta \cdot \cos\beta \cdot \sin[\alpha + (q \cdot \ell / V_{tas})]$$

$$- \sin\theta \cdot \cos\beta \cdot \cos[\alpha + (q \cdot \ell / V_{tas})] + \sin\beta \cdot \cos\theta \cdot \sin\phi)$$

dans laquelle ℓ représente la distance algébrique entre la sonde d'incidence (C1) et le centre de gravité de l'avion.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit niveau de sévérité correspond :

- à un premier niveau, lorsque ledit écart en facteur de charge vertical est inférieur ou égal à une première valeur prédéterminée ;
- 5 - à un deuxième niveau, lorsque ledit écart en facteur de charge vertical est supérieur à ladite première valeur prédéterminée et inférieur à une seconde valeur prédéterminée ; et
- à un troisième niveau, lorsque ledit écart en facteur de charge vertical est supérieur ou égal à ladite seconde valeur prédéterminée.

10 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'à l'étape b), on détermine le niveau de sévérité de la turbulence verticale à partir de deux combinaisons linéaires de la composante verticale du vent et de sa dérivée.

15 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'à l'étape b), on détermine le niveau de sévérité de la turbulence verticale à partir du calcul de deux probabilités.

20 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'à l'étape c), on calcule ledit ordre de commande à partir d'une combinaison linéaire de la composante verticale du vent et de sa dérivée.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'à l'étape d), lesdites conditions d'activation dépendent du niveau de sévérité de la turbulence verticale et de l'écart entre la valeur dudit ordre de commande et une valeur de seuil prédéterminée.

25 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, pour un avion, à l'étape d), on transmet l'ordre de commande à au moins l'un des organes mobiles suivants de l'avion : un spoiler (2A) et un aileron (2B), et on détermine et transmet à une gouverne de profondeur (20) de l'avion au moins un ordre de commande auxi-

liaire destiné à compenser le moment de tangage engendré par la commande dudit organe mobile (2A, 2B).

10. Dispositif pour atténuer sur un aéronef les effets d'au moins une turbulence verticale rencontrée par cet aéronef au cours d'un vol, ledit
5 dispositif (1) comportant :

- au moins un organe mobile commandable (2, 2A, 2B) qui est susceptible d'agir sur la portance de l'aéronef ;
- des premiers moyens (3) pour déterminer une composante verticale du vent existant à l'extérieur de l'aéronef à une position courante dudit aéronef ;
10
- des troisièmes moyens (5) pour calculer automatiquement, à l'aide de ladite composante verticale du vent, au moins un ordre de commande pour ledit organe mobile commandable (2, 2A, 2B), ledit ordre de commande étant tel qu'il permet de minimiser l'amplitude des facteurs de charge engendrés sur l'aéronef par la turbulence verticale ; et
15
- des quatrièmes moyens (5) pour transmettre automatiquement ledit ordre de commande à au moins un actionneur (8, 8A, 8B) dudit organe mobile commandable (2, 2A, 2B),

caractérisé en ce que :

- ledit dispositif (1) comporte, de plus, des deuxièmes moyens (4) pour déterminer automatiquement, à l'aide de ladite composante verticale du vent, un niveau de sévérité concernant une turbulence verticale existant à l'extérieur de l'aéronef à ladite position courante, lesdits deuxièmes
20 moyens (4) déterminant ledit niveau de sévérité de la turbulence verticale, en fonction de l'écart en facteur de charge vertical entre un facteur de charge à l'équilibre pour l'aéronef et un facteur de charge résultant de la turbulence verticale ; et
25
- lesdits quatrièmes moyens (5) sont formés pour vérifier automatiquement si des conditions d'activation dépendant au moins dudit niveau de

sévérité sont réalisées, et pour transmettre automatiquement ledit ordre de commande audit actionneur (8, 8A, 8B) dudit organe mobile commandable (2, 2A, 2B), lorsque lesdites conditions d'activation sont réalisées.

5 11. Dispositif selon la revendication 10,

caractérisé en ce que lesdits premiers moyens (3) comportent :

- un ensemble (10) d'éléments de mesure (C1, C2, C3, C4, Cn) pour mesurer automatiquement les valeurs effectives d'une pluralité de paramètres de l'aéronef à ladite position courante ; et
- 10 – un moyen de calcul (11) pour calculer automatiquement ladite composante verticale du vent, en tenant compte desdites valeurs effectives mesurées.

12. Dispositif selon la revendication 11,

caractérisé en ce que ledit ensemble (10) d'éléments de mesure comporte
15 au moins une centrale inertielle (C3), au moins une sonde anémométrique (C4) et au moins une sonde d'incidence (C1).

13. Dispositif selon la revendication 12,

caractérisé en ce que ledit ensemble (10) d'éléments de mesure comporte, de plus, au moins une sonde de dérapage (C2).

20 14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que lesdits deuxièmes et troisièmes moyens (4, 5), ainsi que ledit moyen de calcul (11), font partie d'un système de pilotage automatique (15) de l'aéronef.

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 14,

25 caractérisé en ce que ledit organe mobile est un spoiler (2A).

16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 14,

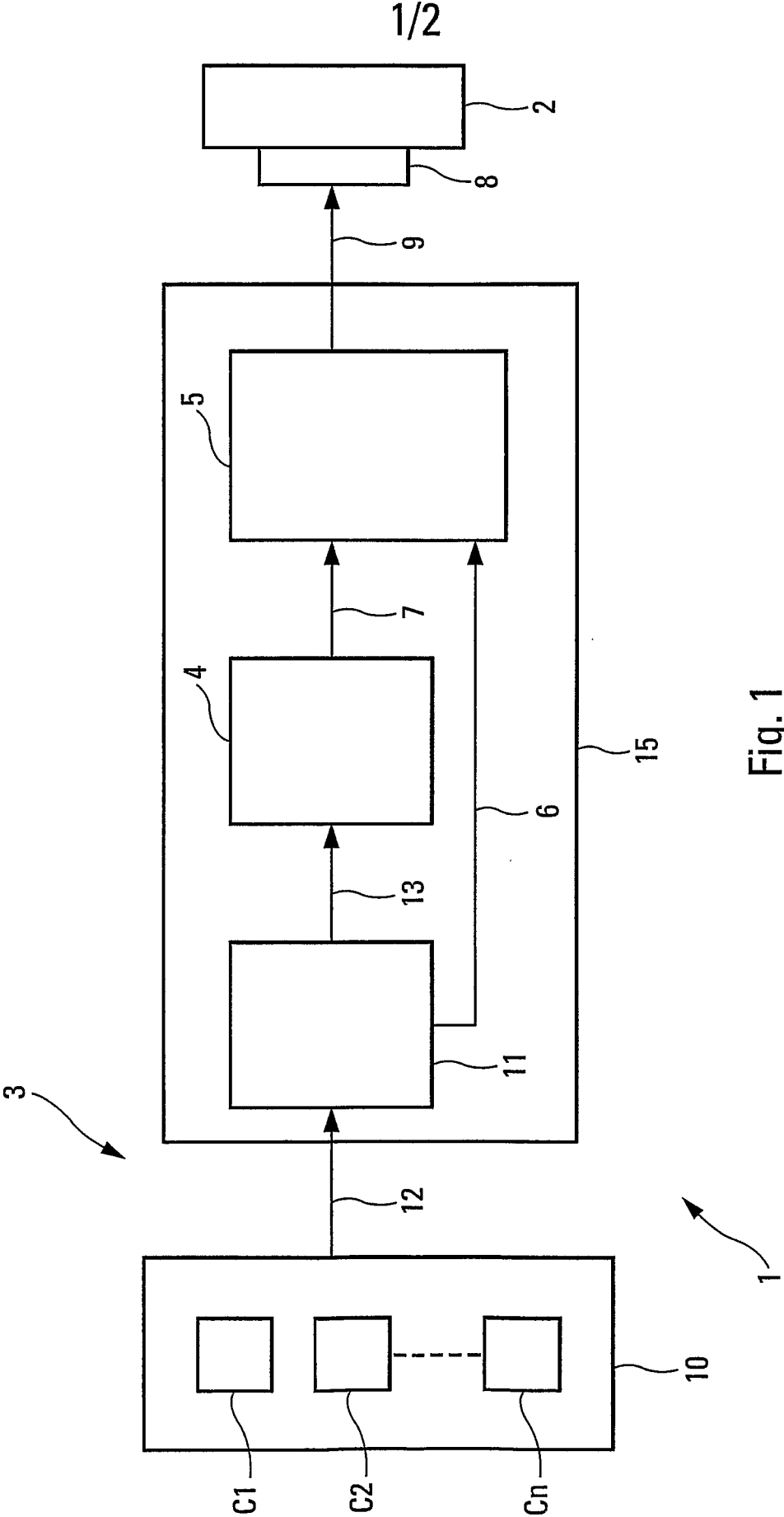
caractérisé en ce que ledit organe mobile est un aileron (2B).

17. Aéronef,

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 9.

18. Aéronef,

5 caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif (1) tel que celui spécifié sous l'une quelconque des revendications 10 à 16.



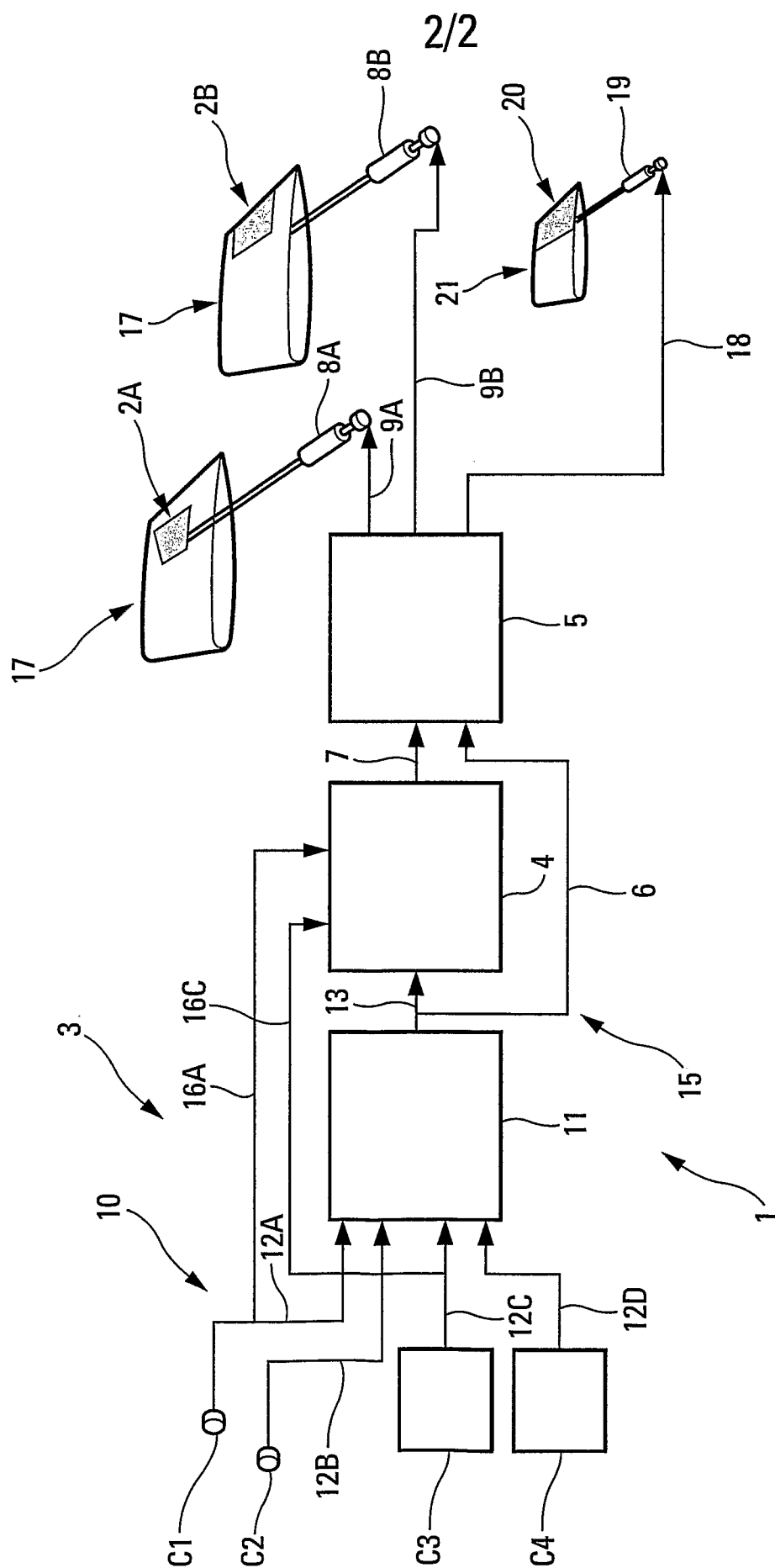


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2006/002256

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G05D1/06 B64C13/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 B64C G05D G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 227 662 A (FISHER ET AL) 14 October 1980 (1980-10-14) the whole document -----	1,10
A	US 4 591 113 A (MABEY ET AL) 27 May 1986 (1986-05-27) column 1, line 44 - line 47 column 2, line 46 - line 52 -----	1,10
A	US 2 958 483 A (MCRUER DUANE T ET AL) 1 November 1960 (1960-11-01) column 10, line 33 - line 40 -----	1,10
A	EP 1 018 641 A (HONEYWELL INC) 12 July 2000 (2000-07-12) paragraph [0015] - paragraph [0022] ----- -/--	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 February 2007

Date of mailing of the international search report

27/02/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Salé, Yoann

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2006/002256

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 756 644 A (AEROSPATIALE SOCIETE NATIONALE INDUSTRIELLE) 5 June 1998 (1998-06-05) the whole document -----	1-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2006/002256

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4227662	A	14-10-1980	NONE	
US 4591113	A	27-05-1986	CA 1253239 A1 DE 3469152 D1 EP 0127963 A1 GB 2140364 A JP 1751500 C JP 4038638 B JP 59227595 A	25-04-1989 10-03-1988 12-12-1984 28-11-1984 08-04-1993 25-06-1992 20-12-1984
US 2958483	A	01-11-1960	NONE	
EP 1018641	A	12-07-2000	DE 69901019 D1 DE 69901019 T2 US 6289289 B1	18-04-2002 02-10-2002 11-09-2001
FR 2756644	A	05-06-1998	NONE	

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
 INV. G05D1/06 B64C13/16

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

B64C G05D G01S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 227 662 A (FISHER ET AL) 14 octobre 1980 (1980-10-14) le document en entier -----	1,10
A	US 4 591 113 A (MABEY ET AL) 27 mai 1986 (1986-05-27) colonne 1, ligne 44 - ligne 47 colonne 2, ligne 46 - ligne 52 -----	1,10
A	US 2 958 483 A (MCRUER DUANE T ET AL) 1 novembre 1960 (1960-11-01) colonne 10, ligne 33 - ligne 40 -----	1,10
A	EP 1 018 641 A (HONEYWELL INC) 12 juillet 2000 (2000-07-12) alinéa [0015] - alinéa [0022] -----	1-3
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

G document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

16 février 2007

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

27/02/2007

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Salé, Yoann

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 756 644 A (AEROSPATIALE SOCIETE NATIONALE INDUSTRIELLE) 5 juin 1998 (1998-06-05) le document en entier -----	1-19

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2006/002256

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4227662	A	14-10-1980	AUCUN	
US 4591113	A	27-05-1986	CA 1253239 A1	25-04-1989
			DE 3469152 D1	10-03-1988
			EP 0127963 A1	12-12-1984
			GB 2140364 A	28-11-1984
			JP 1751500 C	08-04-1993
			JP 4038638 B	25-06-1992
			JP 59227595 A	20-12-1984
US 2958483	A	01-11-1960	AUCUN	
EP 1018641	A	12-07-2000	DE 69901019 D1	18-04-2002
			DE 69901019 T2	02-10-2002
			US 6289289 B1	11-09-2001
FR 2756644	A	05-06-1998	AUCUN	