

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/080358 A1

(43) Date de la publication internationale
21 juin 2012 (21.06.2012)

(51) Classification internationale des brevets :
G01P 5/14 (2006.01) *G01P 5/01* (2006.01)
G01P 13/02 (2006.01) *G01P 5/02* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2011/072803

(22) Date de dépôt international :
14 décembre 2011 (14.12.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
10 60513 14 décembre 2010 (14.12.2010) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) : **INSTITUT SUPÉRIEUR DE L'AÉRONAUTIQUE ET DE L'ESPACE** [FR/FR]; 10 avenue Edouard Belin, F-31400 Toulouse (FR). **UNIVERSITE PAUL SABATIER TOULOUSE III** [FR/FR]; 118, route de Narbonne, F-31062 Toulouse Cedex 9 (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **GIBIAT, Vincent** [FR/FR]; 13 chemin de la Bourdette, F-31400 Toulouse (FR). **NOUALS, Claude** [FR/FR]; 11 rue du Pic

du Mercoire, F-31240 L'union (FR). **RODRIGUEZ, Samuel** [FR/FR]; 24 rue Raoul Ponchon, F-31400 Toulouse (FR).

(74) Mandataires : **BLOT, Philippe** et al.; Cabinet Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, F-75009 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, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : DEVICE FOR MEASURING SPEED AND/OR DIRECTION OF A FLUID FLOW ALONG A VEHICLE, AND CORRESPONDING METHOD

(54) Titre : DISPOSITIF DE MESURE DE VITESSE ET/OU DIRECTION D'UN ÉCOULEMENT FLUIDE LE LONG D'UN VÉHICULE, ET PROCÉDÉ CORRESPONDANT

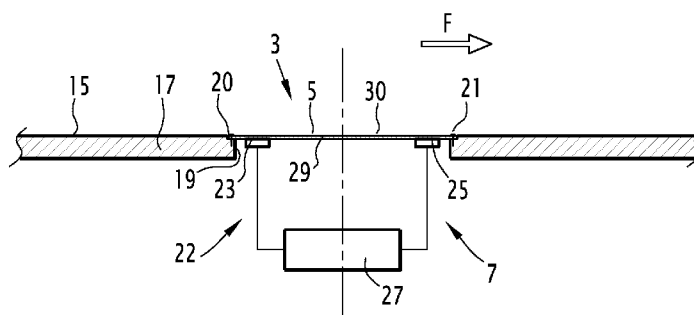


FIG.2

(57) Abstract : Device for measuring speed and/or direction of a fluid flow along a vehicle, and corresponding method. The device for measuring a characteristic representative of the speed of a fluid flow along a surface of a vehicle, the device (3) comprises: - a least one thin plate (5) attached to the surface of the vehicle, and designed in such a manner that the fluid flow flows along and in contact with a large face of the thin plate (5), in such a way that the fluid flow influences the vibratory properties of the plate, in particular its resonant frequencies (5); - a device (7) for vibratory excitation and measurement of a resonant frequency of the thin plate (5) set into vibration; and - a device (9) for determining said characteristic representative of the speed of the fluid flow as a function of the resonant frequency measured.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2012/080358 A1



SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Dispositif de mesure de vitesse et/ou direction d'un écoulement fluide le long d'un véhicule, et procédé correspondant Le dispositif de mesure d'une caractéristique représentative de la vitesse d'un écoulement fluide le long d'une surface d'un véhicule, le dispositif (3) comprend : - au moins une plaque mince (5) liée à la surface du véhicule, agencée de manière que l'écoulement fluide s'écoule le long et au contact d'une grande face de la plaque mince (5), de telle sorte que l'écoulement fluide influe les propriétés vibratoires de la plaque, en particulier ses fréquences de résonance (5); - un dispositif (7) d'excitation vibratoire et de mesure d'une fréquence de résonance de la plaque mince (5) mise en vibration; et - un dispositif (9) de détermination de ladite caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide en fonction de la fréquence de résonance mesurée.

Dispositif de mesure de vitesse et/ou direction d'un écoulement fluide le long d'un véhicule, et procédé correspondant

La présente invention concerne en général la mesure de la vitesse d'un écoulement fluide le long de la surface d'un véhicule.

5 Il est connu d'utiliser dans ce but des sondes de vitesse dites « tubes de Pitot ». Ces sondes sont utilisées à bord d'avions, de bateaux ou d'automobiles type Formule 1, pour mesurer la vitesse du fluide par rapport au véhicule. Le tube de Pitot comporte en fait deux tubes coudés concentriques, ayant chacun un orifice en communication avec l'écoulement fluide dont on veut mesurer la vitesse. Le tube extérieur s'ouvre
10 perpendiculairement à l'écoulement du fluide, alors que le tube intérieur est ouvert à son extrémité, face à l'écoulement. Le tube extérieur permet de mesurer la pression statique, et le tube intérieur la pression d'arrêt. A partir des valeurs mesurées de ces deux pressions, il est possible de calculer la vitesse du fluide.

Ce type de sonde, du fait de sa petite taille et du diamètre des tubes, est assez
15 fragile et susceptible de se s'encrasser, voire de se boucher ce qui rend impossible la mesure de vitesse.

Sur avions, le principal défaut est lié à sa position face à l'écoulement, écartée de la paroi afin de sortir de la « couche limite fluide » zone où la mesure de la vitesse ne serait pas correcte. Cette position soumet la sonde au risque de givrage donc
20 d'obstruction des tubes, de telle sorte qu'elle doit être équipée d'un dispositif de chauffage.

Dans ce contexte, l'invention vise à proposer un dispositif de mesure d'une caractéristique représentative de la vitesse d'un écoulement fluide le long de la surface d'un véhicule, qui soit plus fiable que la mesure obtenue par les sondes de Pitot.

25 A cette fin, l'invention porte sur un dispositif de mesure comprenant :

- au moins une plaque mince liée à la surface du véhicule, agencée de manière à ce que l'écoulement fluide s'écoule le long et au contact d'une grande face de la plaque mince, de telle sorte que l'écoulement fluide influe les propriétés vibratoires de la plaque, en particulier les fréquences de résonance de la plaque ;

- 30 - un dispositif d'excitation vibratoire et de mesure d'une fréquence de résonance de la plaque mince mise en vibration ;

- un dispositif de détermination de ladite caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide en fonction de la fréquence de résonance mesurée.

Ainsi, la plaque mince peut être placée au niveau de la surface extérieure du
35 véhicule. Ceci est particulièrement avantageux dans le cas d'un avion, puisque la probabilité que la mesure soit perturbée par le givrage est considérablement réduite par

rapport à un dispositif du type sonde de Pitot. Il n'est donc pas nécessaire de l'équiper d'un chauffage anti-givrage. Le dispositif est donc simple techniquement, et économique.

Le dispositif peut également présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles.

Le dispositif de mesure d'une fréquence de résonance de la plaque mince comprend un dispositif d'excitation vibratoire prévu pour transmettre à la plaque mince un signal d'excitation vibratoire, et un capteur de mesure du comportement vibratoire de la plaque mince sous l'effet du signal d'excitation vibratoire et de l'écoulement fluide.

Le dispositif d'excitation vibratoire est prévu pour transmettre à la plaque mince un signal d'excitation vibratoire couvrant une fourchette de fréquences prédéterminée (par exemple : un sinus glissant, un bruit large bande). Un tel signal d'excitation permet une mesure robuste.

En variante, le dispositif d'excitation vibratoire est prévu pour transmettre à la plaque mince un signal d'excitation vibratoire adapté pour placer la plaque mince en auto-oscillation. Un tel signal d'excitation permet de suivre en temps réel l'évolution de la fréquence de résonance. Il permet d'obtenir un bon rapport signal à bruit.

Le dispositif comprend un dispositif de mesure de paramètres représentatifs de conditions thermodynamiques du fluide autour du véhicule, tels que la densité et/ou la pression et/ou la température du fluide autour du véhicule, le dispositif de détermination déterminant ladite caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide également en fonction desdits paramètres représentatifs de conditions thermodynamiques. Ainsi, la mesure de vitesse est plus précise. Le fait de mesurer directement les paramètres représentatifs des conditions thermo-dynamiques du fluide permet de réaliser des mesures robustes et fiables.

Alternativement, le dispositif comprend :

- . une plaque mince de référence liée à la surface du véhicule, agencée de manière à être en contact avec le fluide sans que le fluide ne s'écoule le long d'une grande face de la plaque mince de référence ;

- . un dispositif d'excitation vibratoire et de mesure d'une fréquence de résonance de la plaque mince de référence mise en vibration ;

le dispositif de détermination étant prévu pour déterminer ladite caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide en fonction à la fois de la fréquence de résonance mesurée pour la plaque mince et de la fréquence de résonance mesurée pour la plaque mince de référence. Ainsi, la mesure de vitesse est plus précise. Le fait d'utiliser

une plaque mince de référence, similaire à la plaque mince, permet de rendre la mesure indépendante des propriétés thermodynamiques du milieu.

Le dispositif de détermination comprend un calculateur prévu pour déterminer ladite caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide à l'aide d'équations et/ou de tables et/ou de graphes.

Alternativement, la plaque mince présente une première dimension suivant une première direction et une seconde dimension supérieure à la première dimension suivant une seconde direction perpendiculaire à la première direction, le dispositif de détermination étant prévu pour déterminer une caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide selon ladite première direction. Ainsi, il est possible de déterminer simplement la vitesse de l'écoulement fluide selon une direction déterminée, par exemple la direction de déplacement du véhicule.

Le dispositif comprend :

- . une seconde plaque mince liée à la surface du véhicule, agencée de manière que le fluide s'écoule le long et au contact d'une grande face de la seconde plaque mince, de telle sorte que l'écoulement fluide influe les propriétés vibratoires de ladite seconde plaque mince, en particulier les fréquences de résonance de ladite seconde plaque mince, la seconde plaque mince présentant une première dimension suivant la première direction et une seconde dimension inférieure à la première dimension suivant la seconde direction ;

- . un second dispositif d'excitation vibratoire et de mesure d'une fréquence de résonance de la seconde plaque mince mise en vibration ;

- . un second dispositif de détermination d'une caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide selon la seconde direction en fonction de ladite fréquence de résonance mesurée pour la seconde plaque mince. Ainsi, il est possible de déterminer les composantes de la vitesse de l'écoulement fluide selon plusieurs directions.

Le dispositif comprend un dispositif de détermination de la direction de l'écoulement fluide dans le plan des plaques, en fonction des paramètres représentatifs des vitesses de l'écoulement fluide selon les première et seconde directions. Ainsi, il est possible de déterminer la direction de l'écoulement fluide de manière simple, fiable et économique.

Selon un second aspect, l'invention porte sur un véhicule comprenant une surface externe et un dispositif de mesure d'une caractéristique représentative de la vitesse d'un écoulement fluide le long de ladite surface externe, le dispositif présentant les caractéristiques ci-dessus.

Le véhicule peut en outre présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles.

La plaque mince s'inscrit dans le prolongement de la surface externe. Ainsi, la plaque mince servant à réaliser la mesure n'est pratiquement pas en saillie par rapport à la surface externe. Le risque qu'elle soit endommagée par choc ou qu'elle givre est réduit.

La surface externe présente un orifice, la plaque mince étant rapportée dans l'orifice et s'inscrivant dans le prolongement de la surface externe. Le fait que la plaque mince soit rapportée rend le dispositif de mesure particulièrement simple à monter et est économique.

La plaque mince est une zone venue de matière avec la surface externe. Ainsi, la plaque mince est montée de manière particulièrement fiable sur le véhicule.

La plaque est partie intégrante de la coque externe. Elle est délimitée en diminuant l'épaisseur de la coque sur la surface correspondant à la plaque.

La plaque est partie intégrante de la coque externe. Elle est délimitée sur son contour par des renforts rigides.

Selon un troisième aspect, l'invention porte sur un procédé de mesure d'une caractéristique représentative de la vitesse d'un écoulement fluide le long d'une surface d'un véhicule, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- agencer une plaque mince liée à la surface du véhicule de manière que le fluide s'écoule le long et au contact d'une grande face de la plaque mince, l'écoulement fluide influant les propriétés vibratoires de la plaque, en particulier les fréquences de résonance de la plaque;

- mettre en vibration la plaque mince et mesurer une fréquence de résonance de la plaque mince mise en vibration ;

- déterminer ladite caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide en fonction de la fréquence de résonance mesurée.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif nullement limitatif, en référence aux figures annexées, parmi lesquelles :

- la Figure 1 est une représentation schématique simplifiée d'un avion équipé d'un dispositif conforme à l'invention, pour la mesure d'une caractéristique représentative de la vitesse d'un écoulement fluide le long de la surface de l'avion;

- la Figure 2 est une vue en coupe de la zone de l'aile de l'avion de la Figure 1 dans laquelle est montée la plaque mince du dispositif de mesure ;

- la Figure 3 est un graphique montrant à titre d'exemple l'évolution de la fréquence de résonance de la plaque de la Figure 2 en fonction de la vitesse de l'écoulement de l'air le long de l'aile de l'avion ;

- la Figure 4 est une vue de dessus d'une zone de l'aile d'un avion pour une variante de réalisation dans laquelle le dispositif de mesure comporte une plaque de référence ;

- la Figure 5 est une vue similaire à celle de la Figure 2, montrant en coupe la zone de l'aile portant la plaque de référence ;

- la Figure 6 est une vue en coupe illustrant une seconde disposition possible pour la plaque de référence ;

- les Figures 7 et 8 sont des vues similaires à celle de la Figure 6, et montrent d'autres dispositions possibles pour la plaque de référence ;

- la Figure 9 est une représentation graphique montrant l'évolution en fonction du temps du signal d'excitation vibratoire de la plaque du dispositif de mesure (courbe du haut), et du signal recueilli par le capteur de mesure (courbe du bas), dans le cas où le signal d'excitation vibratoire est une sinusoïde glissante ;

- la Figure 10 est la représentation des amplitudes des transformées de Fourier des signaux de la Figure 9;

- la Figure 11 est une vue similaire à celle de la Figure 2 et illustre un dispositif d'excitation vibratoire adapté pour placer la plaque mince en auto-oscillation ;

- la Figure 12 est une vue similaire à celle de la Figure 11, et illustre un autre type de dispositif d'excitation adapté pour placer la plaque mince en auto-oscillation ;

- la Figure 13 est une vue de dessus d'une zone de l'aile de l'avion, pour une variante de réalisation de l'invention dans laquelle le dispositif de mesure comporte deux plaques allongées perpendiculaires l'une à l'autre, prévues pour permettre la mesure de la direction de l'écoulement fluide dans le plan des deux plaques; et

- la Figure 14 est une vue en coupe de la zone de l'aile dans laquelle sont montées les deux plaques de la Figure 13.

L'avion 1 représenté sur la figure 1 est équipé d'un dispositif 3 destiné à la mesure d'une caractéristique représentative de la vitesse du fluide le long de la surface extérieure de l'avion.

Le dispositif 3 pourrait être également utilisé pour toute sorte d'autres véhicules : des avions commerciaux, des avions militaires, des hélicoptères, des voitures automobiles, des bateaux, etc.

Le dispositif 3 est prévu pour mesurer la vitesse du fluide le long du fuselage ou le long des ailes de l'avion, pendant que celui-ci est en vol. La vitesse ainsi mesurée est la

vitesse relative de l'air par rapport à l'avion, qui est une information particulièrement importante pour le pilote. En effet, cette vitesse doit être maintenue au-dessus d'une limite inférieure, correspondant à la vitesse de décrochage de l'avion. Elle doit également être maintenue au-dessous d'une limite maximale prédéterminée. Enfin, connaissant la vitesse du vent, la vitesse d'écoulement de l'air le long de l'avion permet de calculer la vitesse de l'avion par rapport au sol.

Le dispositif de mesure 3 comprend :

- au moins une plaque mince 5 liée à la surface extérieure de l'avion, agencée de manière que le fluide s'écoule le long et au contact d'une grande face de la plaque mince, de telles sorte que l'écoulement du fluide influe les propriétés vibratoires de la plaque ;

- un dispositif 7 d'excitation vibratoire et de mesure d'une fréquence de résonance de la plaque mince 5 mise en vibration ;

- un dispositif 9 de détermination de ladite caractéristique représentative de la vitesse du fluide en fonction de la fréquence de résonance mesurée.

La plaque 5 est typiquement une plaque, d'une épaisseur comprise entre 0,1 et 5 mm. De préférence, son épaisseur est comprise entre 0,5 et 3 mm, et encore de préférence entre 0,5 et 1,5mm. La plaque 5 est typiquement en un métal ou en un matériau composite.

La plaque 5 présente par exemple une superficie comprise entre 50 et 1000 cm², de préférence comprise entre 100 et 500 cm², et de préférence comprise entre 200 et 400 cm².

La plaque mince 5 est liée à une aile 11 de l'avion ou au fuselage 13 de l'avion, ou à toute autre partie de l'avion le long de laquelle l'air s'écoule quand l'avion est en vol.

Comme le montre par exemple la Figure 2, la plaque mince 5 s'inscrit sensiblement dans le prolongement de la surface externe 15 de l'avion. La plaque 5 n'est pratiquement pas en saillie par rapport à la surface externe 15. Typiquement, la plaque n'est pas du tout en saillie par rapport à la surface externe 15, une de ses grandes faces s'inscrivant exactement dans la continuité de la surface externe 15.

Dans une variante de réalisation non représentée et non préférée, la plaque fait légèrement saillie par rapport à la surface 15, sur une hauteur correspondant à l'épaisseur de la plaque.

En tout état de cause, la plaque fait saillie par rapport à la surface externe 15 sur une hauteur inférieure à une fois son épaisseur.

Dans l'exemple de réalisation de la Figure 2, la surface externe de l'avion au niveau de la plaque mince 5 est constituée d'une plaque 17 en un métal ou en un matériau composite. La plaque 17 présente un orifice 19. La plaque mince 5 est rapportée

dans l'orifice 19, et obture complètement cet orifice 19. Elle est fixée par tout moyen adapté au bord périphérique 20 de l'orifice 19, par exemple par des rivets 21.

Le bord périphérique 20 est légèrement en retrait par rapport à la surface externe 15, de manière à ce qu'une grande face de la plaque 5 soit de niveau avec la surface 15.

5 Dans une variante de réalisation non représentée, la plaque mince 5 est une zone de la plaque 17. Plus précisément, la plaque mince 5 est une zone de la plaque 17 dans laquelle l'épaisseur de cette plaque 17 est réduite. Par exemple, la plaque 17 présente une épaisseur de 10 mm. La zone de la plaque 17 définissant la plaque mince 5 présente par exemple une épaisseur de 1 mm.

10 Comme illustré sur la Figure 2, le dispositif 7 d'excitation vibratoire et de mesure de la fréquence de résonance de la plaque mince comporte un dispositif 22 d'excitation vibratoire avec un organe d'excitation vibratoire 23 prévu pour transmettre à la plaque mince un signal d'excitation vibratoire, et un capteur 25 de mesure du comportement vibratoire de la plaque mince sous l'effet du signal d'excitation vibratoire et de
15 l'écoulement du fluide. Cet écoulement est représenté par une flèche F sur les Figures.

L'organe d'excitation vibratoire 23 est par exemple un organe piézo-électrique piloté par un signal électrique. Le dispositif d'excitation 22 comporte typiquement un calculateur 27, qui fournit le signal électrique de pilotage de l'organe piézo-électrique. L'organe 23 est fixé à une grande face intérieure 29 de la plaque mince 5. La grande face
20 29 est à l'opposé de la grande face 30 au contact de laquelle le fluide s'écoule.

Le capteur 25 est par exemple un accéléromètre, ou une cellule piézo-électrique adaptée pour mesurer la contrainte locale appliquée à la plaque mince. Le capteur 25 fournit un signal représentatif du comportement vibratoire de la plaque mince au calculateur 27. Le capteur 25 est fixé à la grande face intérieure 29 de la plaque mince 5.

25 L'organe d'excitation 23 et le capteur 25 peuvent être également noyés dans le matériau constituant la plaque mince 5. Ceci est notamment le cas quand la plaque mince est en un matériau composite ou est une pièce moulée.

Le calculateur 27, en fonction du signal fourni par le capteur 25, détermine la fréquence de résonance de la place mince. Le calculateur 27 est adapté pour transmettre
30 ladite fréquence de résonance au dispositif 9 de détermination de la caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide.

En variante, le capteur 25 transmet le signal mesuré à un calculateur distinct du calculateur 27, qui détermine la fréquence de résonance et la transmet au dispositif 9.

35 Le dispositif 9 est un calculateur ou une partie de calculateur. Le calculateur 27 et le dispositif 9 peuvent être un même calculateur ou deux parties d'un même calculateur.

Le dispositif 9 est prévu pour déterminer la caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide à l'aide d'équations et/ou de tables et/ou de graphes du type représenté sur la Figure 3 à titre d'exemple.

La Figure 3 donne la vitesse de l'écoulement fluide, exprimée en m/s, en fonction de la fréquence de résonance de la plaque, exprimée en Hz. Elle a été établie par des essais en souffleries, avec une plaque mince métallique d'épaisseur d'1 mm, rectangulaire, de 16 cm x 20 cm.

La vitesse est en abscisse, et la fréquence de résonance en ordonnée. La Figure 3 montre que la fréquence de résonance décroît constamment quand la vitesse de l'écoulement fluide augmente. Il est ainsi possible d'associer de manière bi-univoque une fréquence de résonance à chaque vitesse de l'écoulement fluide.

La fréquence de résonance de la plaque mince 5 dépend non seulement de la vitesse d'écoulement de l'air le long de la plaque, mais également des conditions thermodynamiques du gaz dans lequel l'avion se déplace. Ces conditions sont par exemple la densité de l'air, la pression atmosphérique et la température de l'air. En fonction de l'altitude à laquelle l'avion se déplace, ces conditions thermodynamiques varient dans une large plage.

Dans une première variante de réalisation non représentée, le dispositif de mesure de l'invention comporte un dispositif de mesure de paramètres représentatifs d'une ou plusieurs des conditions thermodynamiques de l'air, choisis par exemple parmi la densité, la pression et la température de l'air autour de l'avion. De plus, le dispositif de détermination 9 détermine la caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide non seulement en fonction de la fréquence de résonance déterminé par le dispositif 7, mais également en fonction des paramètres représentatifs des conditions thermodynamiques. Par exemple, le dispositif 9 possède en mémoire un réseau de courbes similaires à celles de la Figure 3, chaque courbe correspondant à des conditions thermodynamiques déterminées.

Dans une seconde variante de réalisation, le dispositif de mesure comporte une seconde plaque mince 31, dite de référence. La plaque mince de référence 31 est liée à la surface externe de l'avion, et est agencée de manière à être en contact avec l'air, sans que le fluide ne s'écoule le long d'une de ses grandes faces. Par ailleurs, le dispositif de mesure 3 comporte un dispositif 33 de mesure d'une fréquence de résonance de la plaque mince de référence 31. Le dispositif de mesure 33 est typiquement du même type que le dispositif 7 de mesure de la fréquence de résonance de la plaque mince 5. Il comporte lui aussi un organe d'excitation vibratoire 35, un capteur de mesure du comportement vibratoire de la plaque mince de référence 37, et un calculateur 39.

L'organe 35, le capteur 37 et le calculateur 39 sont du même type et fonctionnent de la même façon respectivement que l'organe d'excitation vibratoire 23, le capteur 25 et le calculateur 27. La plaque mince de référence présente de préférence la même forme que la plaque mince 5, et est de préférence excitée avec un signal électrique identique au signal d'excitation de la plaque mince 5.

Par ailleurs, le dispositif de détermination 9 est prévu pour déterminer la caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide en fonction à la fois de la fréquence de résonance mesurée pour la plaque mince 5 et de la fréquence de résonance mesurée pour la plaque mince de référence 31.

Par exemple, le dispositif 9 détermine la caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide à l'aide d'équations, de tables et/ou de graphes donnant ladite caractéristique représentative en fonction de la différence entre les deux fréquences de résonance, ou du rapport entre les deux fréquences de résonance.

La plaque mince de référence 31 peut être agencée de multiples manières.

Dans l'exemple de réalisation des Figures 4 et 5, la plaque mince de référence 31 est disposée dans le prolongement de la surface externe de l'avion. Elle est montée comme la plaque mince 5, sur la plaque 17 de l'aile. Elle est protégée de l'écoulement du fluide par un capot 41. Le capot 41 est par exemple fermé vers l'avant de l'avion, vers le haut, et latéralement des deux côtés. Le capot 41 est ouvert vers l'arrière de l'avion. L'ouverture du capot est dimensionnée de manière à permettre un échange entre le volume intérieur délimité par le capot 41 et l'atmosphère, sans permettre toutefois une circulation d'air notable à l'intérieur du capot le long de la plaque de référence 31.

Dans la variante de réalisation de la Figure 6, la plaque mince de référence 31 est placée à l'intérieur de l'avion. Elle ne s'inscrit pas dans la surface externe de l'avion. Par exemple, la plaque mince de référence 31 est placée sous la plaque mince 5, une chambre 43 étant ménagée entre les deux plaques minces 5 et 31. L'orifice 19 débouche dans la chambre 43, la plaque mince 5 étant ainsi interposée entre la chambre 43 et l'atmosphère. La grande face intérieure 29 de la plaque mince 5 est directement en contact avec l'air de la chambre 43, la grande face 30 étant en contact avec l'atmosphère extérieure. Un second orifice 45 est percé dans une paroi 47 délimitant la chambre. La plaque mince de référence 31 ferme l'orifice 45. La grande face 49 de la plaque mince de référence est directement en contact avec l'air de la chambre 43.

Un conduit 51 met directement en communication le volume intérieur de la chambre 43 avec l'atmosphère extérieure. Le conduit 51 est dimensionné de telle sorte que la pression, la température et la densité de l'air soient les mêmes à l'intérieur de la chambre 43 et dans l'atmosphère. Toutefois, la section de passage du conduit 51 est

suffisamment faible pour que l'écoulement de l'air le long de la plaque de référence 31 soit pratiquement nul.

La variante de réalisation de la Figure 7 va maintenant être décrite. Seuls les points par lesquels cette variante diffère de celle de la Figure 6 seront détaillés ci-dessous.

Dans la variante de réalisation de la Figure 7, la chambre 43 est divisée en une zone supérieure 53 et une zone inférieure 55 par une cloison 57. La cloison 57 est étanche à l'air, et sépare de manière hermétique les zones 53 et 55 l'une de l'autre. La grande face intérieure 29 de la plaque mince 5 est en contact avec l'air situé dans la zone 53. La grande face 49 de la plaque mince de référence est en contact avec l'air situé dans la zone inférieure 55. Le conduit 51 met en communication la zone 55 avec l'atmosphère extérieure. L'air situé dans la zone 53 n'est pas en communication avec l'atmosphère extérieure. Par rapport à la variante de réalisation de la Figure 6, la variante de la Figure 7 présente l'avantage que les vibrations de la plaque 5 ne peuvent pas perturber les mesures effectuées sur la plaque 31, et réciproquement.

La variante de la réalisation de la Figure 8 va maintenant être décrite. Seuls les points par lesquels cette variante diffère de celle de la Figure 7 seront détaillés ci-dessous.

Dans la variante de réalisation de la Figure 8, la plaque mince de référence 31 est montée dans un orifice de la cloison 57. Le conduit 51 met en communication à la fois la zone 53 et la zone 55 avec l'atmosphère extérieure. La variante de la figure 8 permet d'assurer les mêmes conditions thermodynamiques moyennes sur les deux faces de chacune de plaques vibrantes.

Un premier exemple de signal d'excitation vibratoire transmis à la plaque mince 5 par l'organe d'excitation 23 est représenté dans la partie supérieure de la Figure 9. L'amplitude de l'excitation est en ordonnée, et le temps, exprimé en seconde, est en abscisse. Le signal correspondant mesuré par le capteur 25 est représenté dans le bas de la Figure 9. Son amplitude est en ordonnée, et le temps est en abscisse (exprimé en seconde). Dans cet exemple, le signal d'excitation vibratoire est un signal sinusoïdal glissant dans une fourchette de fréquences prédéterminées. La fréquence du signal sinusoïdal augmente en fonction du temps. Elle augmente par exemple de 600 Hz à 800 Hz dans l'intervalle de temps allant de 0 s à 1 s.

L'analyse fréquentielle des signaux présentée Figure 10 montre que le signal d'excitation (partie supérieure de la figure) couvre une large bande de fréquence et que celui mesuré par le capteur 25 (partie inférieure de la figure) a une amplitude maximum

pour la fréquence de 697 Hz. Elle correspond à une fréquence de résonance de la plaque.

Un dispositif d'excitation vibratoire 22 adapté pour placer la plaque mince en auto-oscillation est représenté sur la Figure 11. Ce dispositif comporte, outre l'organe d'excitation vibratoire 23, un circuit électronique non linéaire 61 et un amplificateur 63. Le circuit électronique non linéaire optionnel reçoit le signal mesuré par le capteur 25. Il facilite la mise en auto-oscillation. Il transmet un signal de commande à l'amplificateur 63, qui amplifie le signal de commande et transmet un signal de commande amplifié à l'organe d'excitation 23.

Pour choisir un mode de résonance particulier, il est possible de prévoir dans le dispositif de mesure un filtre passe bande autour de la fréquence de résonance de départ dudit mode particulier. Ce mode sera ainsi automatiquement excité par auto-oscillation.

Un tel signal d'excitation permet de suivre en temps réel l'évolution de la fréquence de résonance, contrairement au signal d'excitation à large bande du type sinusoïde glissant, qui nécessite un temps d'acquisition significatif et engendre un retard dans la mesure. Par ailleurs, la mise en auto-oscillation permet d'obtenir un meilleur rapport signal à bruit, car l'énergie du signal d'excitation est concentrée sur un intervalle de fréquence réduit, au contraire des signaux d'excitation à larges bandes

Un autre dispositif d'excitation vibratoire 22 adapté pour placer la plaque mince en auto-oscillation est représenté sur la Figure 12. Ce dispositif comporte, outre l'organe d'excitation vibratoire 23, un premier amplificateur 65, une boucle à verrouillage de phase 67 et un second amplificateur 69. Le premier amplificateur 65 reçoit le signal mesuré 78 par le capteur 25, l'amplifie et transmet un signal amplifié 79 à la boucle à verrouillage de phase 67. La boucle à verrouillage de phase 67 comporte de manière non limitative, au moins un comparateur de phases 71, un oscillateur contrôlé en tension 73 et un filtre passe bas 75. L'oscillateur contrôlé en tension 73 transmet un signal d'excitation 77 au second amplificateur 69 et au comparateur de phases 71. Le comparateur de phases 71 reçoit à la fois le signal d'excitation 77 et le signal de mesure amplifié 79 provenant du premier amplificateur 65. Il compare la fréquence du signal d'excitation avec la fréquence du signal de mesure amplifiée 79 en émettant un signal qui, après filtrage avec le filtre 75, commande l'oscillateur 73 de manière à ce que le signal 77 soit à la fréquence du signal 79. Le bouclage entre les signaux 77 et 79 par la vibration de la plaque assure au système d'auto-osciller à une fréquence directement liée à la fréquence de résonance de la plaque dans la zone de fréquence de capture de la boucle à verrouillage de phase. Comparée à la première méthode de mise en auto-oscillation, la mise en auto-oscillation

par une boucle à verrouillage de phase présente deux avantages : le contrôle de l'amplitude du signal 77 qui ne dépend que de l'oscillateur et donc de l'alimentation électrique du composant électronique ; la sélectivité du mode sur lequel le système va auto-osciller, en choisissant la plage de capture de la boucle de telle manière à ce qu'elle
5 inclut la fréquence de résonance de la plaque.

Dans une variante de réalisation représentée sur la Figure 4, la plaque mince 5 présente une première dimension suivant une première direction et une seconde dimension supérieure à la première dimension suivant une seconde direction perpendiculaire à la première, le dispositif de détermination 9 étant prévu pour déterminer
10 une caractéristique représentative de la vitesse du fluide selon la première direction. Les première et seconde directions sont toutes deux perpendiculaires à l'épaisseur de la plaque. Les première et seconde dimensions correspondent donc aux dimensions des grandes faces de la plaque. Il a en effet été observé que la fréquence de résonance de la plaque est presque sensible uniquement à la composante de la vitesse de l'écoulement
15 fluide selon la première direction, quand le rapport entre la seconde dimension et la première dimension est supérieur à une valeur prédéterminée. La seconde dimension est par exemple comprise entre trois et dix fois la première dimension, de préférence comprise entre quatre et huit fois la première dimension, et encore de préférence comprise entre cinq et six fois la première dimension. Par exemple, elle vaut cinq fois la
20 première dimension. La première direction correspond par exemple à la direction de déplacement normale de l'avion.

Dans une variante de réalisation représentée sur les Figures 13 et 14, le dispositif de mesure comprend deux plaques minces 91 et 93. La première plaque mince 91 présente selon la première direction X une première dimension très inférieure à sa
25 seconde dimension, prise selon la direction Y. Les directions X et Y sont matérialisées par des flèches sur la Figure 13. Par exemple, la seconde dimension est comprise entre trois et dix fois la première dimension, de préférence comprise entre quatre et huit fois la première dimension, encore de préférence comprise entre cinq et six fois la première dimension, et vaut par exemple cinq fois la première dimension. Inversement, la plaque
30 mince 93 présente selon la première direction X une première dimension très supérieure à la seconde dimension prise selon la direction Y. Par exemple, la première dimension de la plaque 93 vaut entre trois et dix fois sa seconde dimension, de préférence entre quatre et huit fois sa seconde dimension, encore de préférence entre cinq et six fois sa seconde dimension et vaut par exemple cinq fois sa seconde dimension.

Les deux plaques minces 91 et 93 sont agencées comme la plaque 5 décrite ci-dessus, c'est-à-dire de manière à ce que le fluide s'écoule le long et au contact d'une grande face de chacune des deux plaques.

Le dispositif de mesure 3 comporte par ailleurs un dispositif d'excitation vibratoire et de mesure de la fréquence de résonance 95, 97 pour chacune des deux plaques, du type décrit ci-dessus.

Le dispositif de mesure 3 comporte encore pour la première plaque mince 91 un dispositif 99 prévu pour déterminer une caractéristique représentative de la vitesse du fluide selon la première direction en fonction de la fréquence de résonance mesurée pour la plaque 91 par le dispositif de mesure 95. Il comporte également un dispositif 101 de détermination d'une caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide selon la seconde direction, en fonction de la fréquence de résonance mesurée pour la seconde plaque mince 93 par le dispositif 97. Il comporte enfin un dispositif 103 de détermination de direction de l'écoulement du fluide dans le plan des plaques, en fonction des paramètres représentatifs des vitesses de l'écoulement fluide selon les première et seconde directions.

A titre d'exemple d'application, en plaçant le dispositif constitué des plaques 91 et 93 sur le flanc de l'avion de telle manière que l'axe X ou Y est parallèle à l'axe de la corde des ailes, l'angle d'incidence correspond à la direction de l'écoulement mesuré par le système.

Les dispositifs 99, 101 et 103 sont par exemple des parties d'un même calculateur ou peuvent être des calculateurs différents les uns des autres.

Le procédé de mesure de la caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide le long de la surface extérieure de l'avion va maintenant être brièvement décrite.

Quand l'avion se déplace, notamment quand il est en vol, l'air s'écoule le long de la face externe 30 de la plaque mince 5.

Pour réaliser la mesure, le dispositif d'excitation vibratoire 22 produit un signal d'excitation vibratoire transmis à la plaque mince par l'organe d'excitation vibratoire 23.

La plaque mince vibre sous l'effet du signal d'excitation vibratoire et ses propriétés vibratoires, en particulier ses fréquences de résonance sont modifiées par l'écoulement fluide le long et au contact de la grande face 30.

De manière concomitante, le capteur 25 mesure un signal représentatif du comportement vibratoire de la plaque mince. La nature du signal mesuré est fonction du type de capteur utilisé. Le signal mesuré est transmis au calculateur 27, qui en déduit la fréquence de résonance de la plaque mince 5. Ladite fréquence de résonance est

transmise à son tour au dispositif de détermination 9, qui évalue la caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide en fonction de la fréquence de résonance préalablement déterminée.

Le dispositif de mesure a été décrit plus haut dans une application où l'on cherche à déterminer la vitesse de l'écoulement de l'air par rapport à la surface d'un véhicule. Toutefois, il s'applique également à la mesure d'une caractéristique représentative de la vitesse d'un écoulement fluide qui n'est pas de l'air. Pour des véhicules spatiaux par exemple, le gaz pourrait être l'atmosphère d'une planète autre que la terre.

Le dispositif de mesure peut comporter plusieurs plaques minces, chacune associée à un dispositif de mesure de sa fréquence de résonance. Le dispositif de mesure de la fréquence de résonance peut être entièrement dédié à une plaque, ou partiellement commun à plusieurs plaques. Les plaques minces peuvent être prévues pour réaliser des mesures de vitesse redondantes, de telle sorte que lorsqu'une des plaques n'est pas opérationnelle, la où les autres plaques fournissent une valeur de vitesse. Les différentes plaques peuvent également être utilisées de manière à fournir chacune un signal, ces signaux étant traités de manière à augmenter la précision de la mesure. De plus, les plaques peuvent être de formes adaptées pour fournir des mesures des composantes de la vitesse de l'écoulement fluide selon des directions différentes. Elles peuvent également être agencées pour fournir une indication sur la direction de l'écoulement fluide par rapport à une direction déterminée, comme décrit plus haut.

La fréquence de résonance de la plaque mince utilisée pour déterminer la vitesse de l'écoulement fluide peut être une fréquence de résonance de n'importe quel mode de vibration, sous réserve de permettre une mesure suffisamment précise.

La caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide peut être exprimée de multiples manières. Elle peut être exprimée sous forme d'une valeur de vitesse, d'une valeur de débit, d'une valeur d'énergie cinétique, etc ... Cette caractéristique peut être homogène à une vitesse, ou permettre de calculer la vitesse de l'écoulement fluide de manière simple. Elle peut être exprimée sous forme d'une tension électrique. La caractéristique peut également être une fourchette de vitesse, ou être associée de manière biunivoque à une fourchette de vitesse prédéterminée.

REVENDEICATIONS

1.- Dispositif de mesure d'une caractéristique représentative de la vitesse d'un écoulement fluide le long d'une surface d'un véhicule, le dispositif (3) comprenant :

- au moins une plaque mince (5, 91, 93) liée à la surface (15) du véhicule, agencée de manière que le fluide s'écoule le long et au contact d'une grande face (30) de la plaque mince (5, 91, 93), de telle sorte que l'écoulement fluide influe les propriétés vibratoires de ladite plaque mince, en particulier ses fréquences de résonance. (5, 91, 93);

- un dispositif (7, 95, 97) d'excitation vibratoire et de mesure d'une fréquence de résonance de la plaque mince (5, 91, 93) mise en vibration ;

- un dispositif (9, 99, 101) de détermination de ladite caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide en fonction de la fréquence de résonance mesurée.

2.- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif (7, 95, 97) d'excitation vibratoire et de mesure d'une fréquence de résonance de la plaque mince (5, 91, 93) comprend un dispositif d'excitation vibratoire (22) prévu pour transmettre à la plaque mince (5, 91, 93) un signal d'excitation vibratoire, et un capteur (25) de mesure du comportement vibratoire de la plaque mince (5, 91, 93) sous l'effet du signal d'excitation vibratoire et de l'écoulement fluide.

3.- Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif d'excitation vibratoire (22) est prévu pour transmettre à la plaque mince (5, 91, 93) un signal d'excitation vibratoire couvrant une fourchette de fréquences prédéterminée.

4.- Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif d'excitation vibratoire (22) est prévu pour transmettre à la plaque mince (5, 91, 93) un signal d'excitation vibratoire adapté pour placer la plaque mince (5, 91, 93) en auto-oscillation.

5.- Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de mesure de paramètres représentatifs de conditions thermodynamiques du fluide autour du véhicule, tels que la densité et/ou la pression et/ou la température du fluide autour du véhicule, le dispositif de détermination (9) déterminant ladite caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide également en fonction desdits paramètres représentatifs de conditions thermodynamiques.

6.- Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une plaque mince de référence (31) liée à la surface (15) du véhicule, agencée de manière à être en contact avec le fluide sans que le fluide ne s'écoule le long d'une grande face de la plaque mince de référence (31) ;

- un dispositif (33) d'excitation vibratoire et de mesure d'une fréquence de résonance de la plaque mince de référence (31) mise en vibration ;

le dispositif de détermination (9) étant prévu pour déterminer ladite caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide en fonction à la fois de la fréquence de résonance mesurée pour la plaque mince (5, 91, 93) et de la fréquence de résonance mesurée pour la plaque mince de référence (31).

7.- Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif de détermination (9) comprend un calculateur prévu pour déterminer ladite caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide à l'aide d'équations et/ou de tables et/ou de graphes.

8.- Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la plaque mince (5, 91) présente une première dimension suivant une première direction et une seconde dimension supérieure à la première dimension suivant une seconde direction perpendiculaire à la première direction, le dispositif de détermination (9) étant prévu pour déterminer une caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide selon ladite première direction.

9.- Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une seconde plaque mince (93) liée à la surface du véhicule, agencée de manière que le fluide s'écoule le long et au contact d'une grande face de la seconde plaque mince (93), de telle sorte que l'écoulement fluide influe les propriétés vibratoires de ladite seconde plaque mince (93), la seconde plaque mince (93) présentant une première dimension suivant la première direction et une seconde dimension inférieure à la première dimension suivant la seconde direction ;

- un second dispositif d'excitation vibratoire et de mesure (97) d'une fréquence de résonance de la seconde plaque mince (93) mise en vibration ;

- un second dispositif de détermination (101) d'une caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide selon la seconde direction en fonction de ladite fréquence de résonance mesurée pour la seconde plaque mince (93).

10.- Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de détermination (103) de la direction de l'écoulement fluide dans le plan des deux plaques minces, en fonction des paramètres représentatifs des vitesses de l'écoulement fluide selon les première et seconde directions.

11.- Véhicule (1) comprenant une surface externe (15) et un dispositif de mesure (3) d'une caractéristique représentative de la vitesse d'un écoulement fluide le long de ladite surface externe (15) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

12.- Véhicule selon la revendication 11, caractérisé en ce que la plaque mince (5, 91, 93) s'inscrit dans le prolongement de la surface externe (15).

13.- Véhicule selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce que la surface externe (15) présente un orifice (19), la plaque mince (5, 91, 93) étant rapportée dans l'orifice (19) et s'inscrivant dans le prolongement de la surface externe (15).

14.- Véhicule selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce que la plaque mince est une zone venue de matière avec la surface externe (15).

15.- Procédé de mesure d'une caractéristique représentative de la vitesse d'un écoulement fluide le long d'une surface d'un véhicule (1), le procédé comprenant les étapes suivantes :

- agencer une plaque mince (5, 91, 93) liée à la surface (15) du véhicule (1) de manière que le fluide s'écoule le long et au contact d'une grande face de la plaque mince (5, 91, 93), l'écoulement fluide influe les propriétés vibratoires de ladite plaque mince, en particulier ses fréquences de résonance (5, 91, 93);

- mettre en vibration la plaque mince (5, 91, 93) et mesurer une fréquence de résonance de la plaque mince (5, 91, 93) mise en vibration ;

- déterminer ladite caractéristique représentative de la vitesse de l'écoulement fluide en fonction de la fréquence de résonance mesurée.

1/7

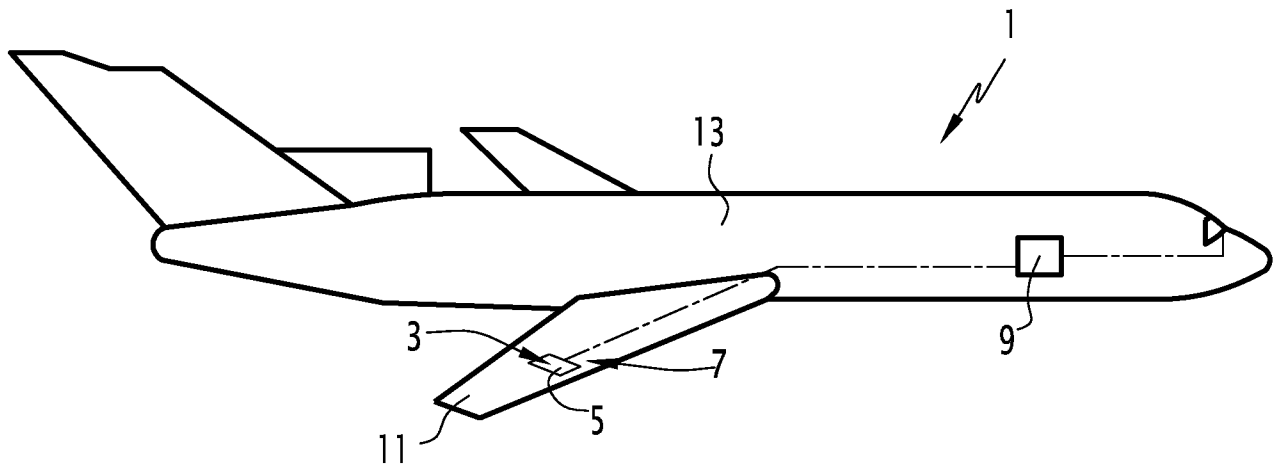


FIG.1

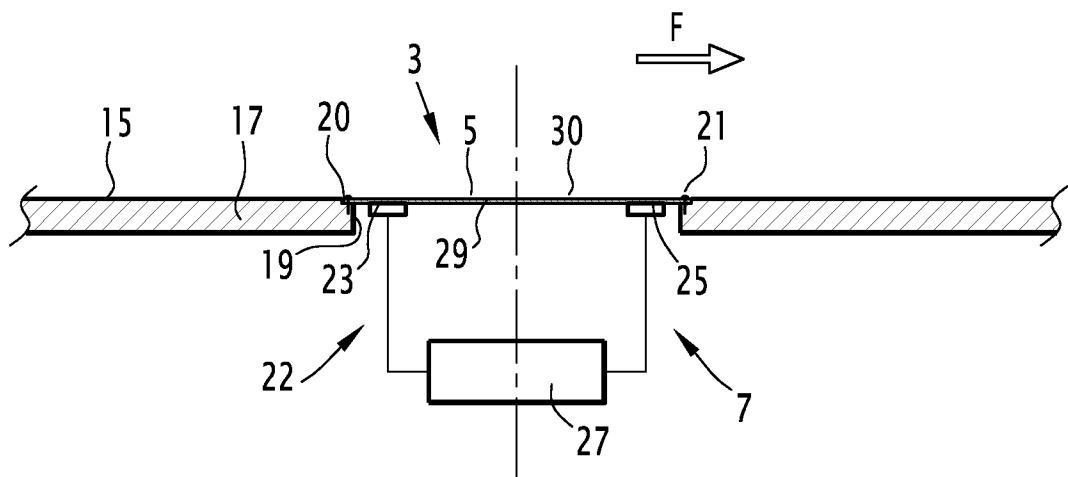
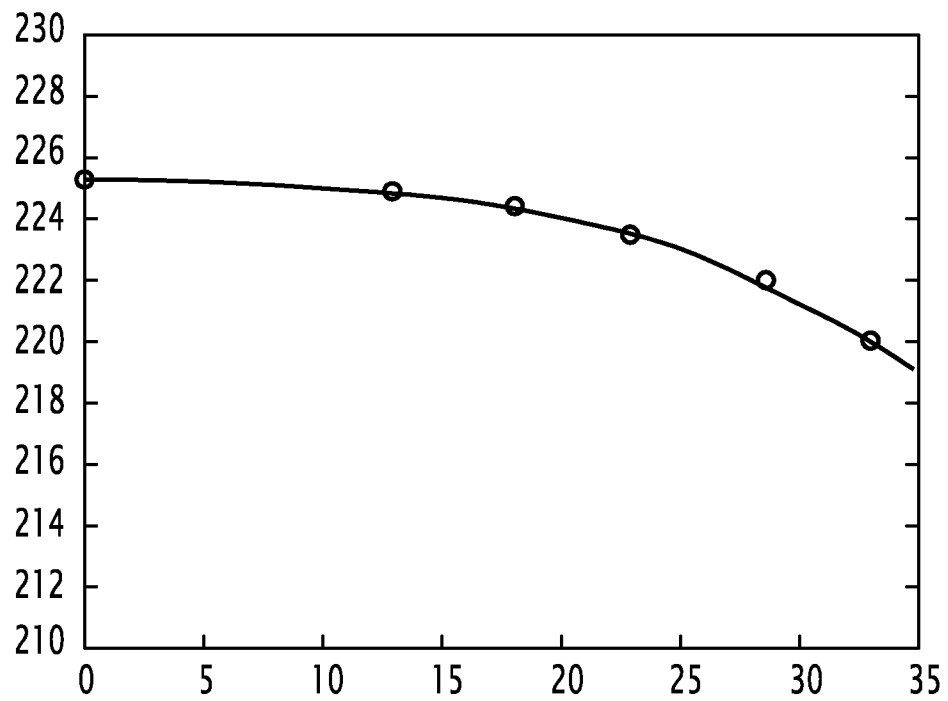
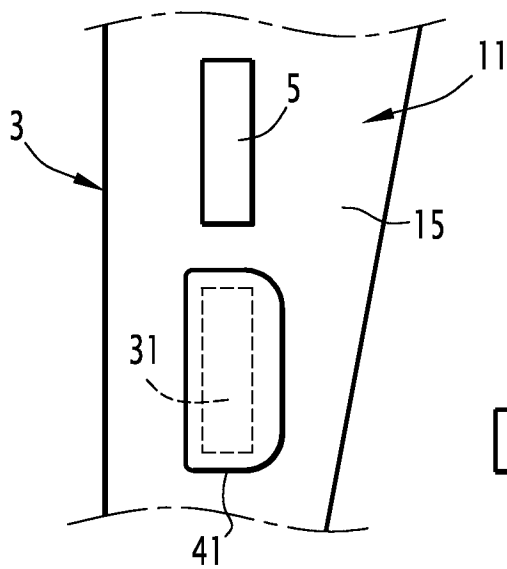
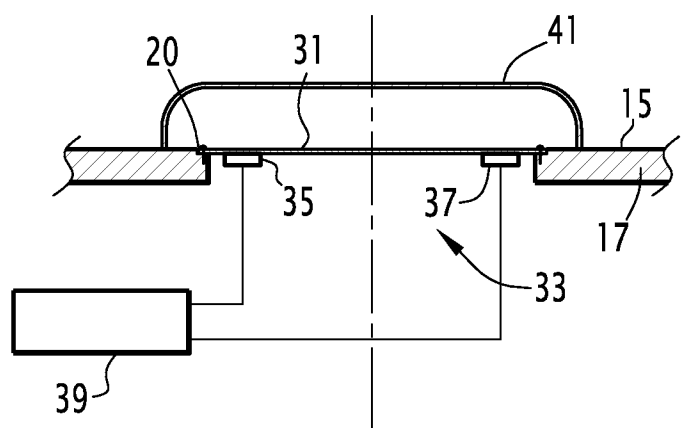


FIG.2

2/7

FIG.3FIG.4FIG.5

3/7

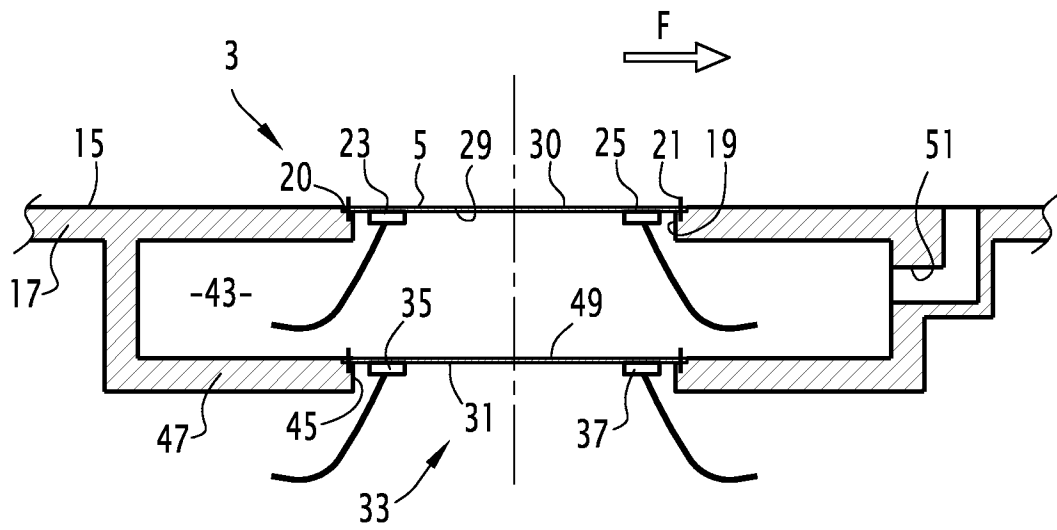


FIG. 6

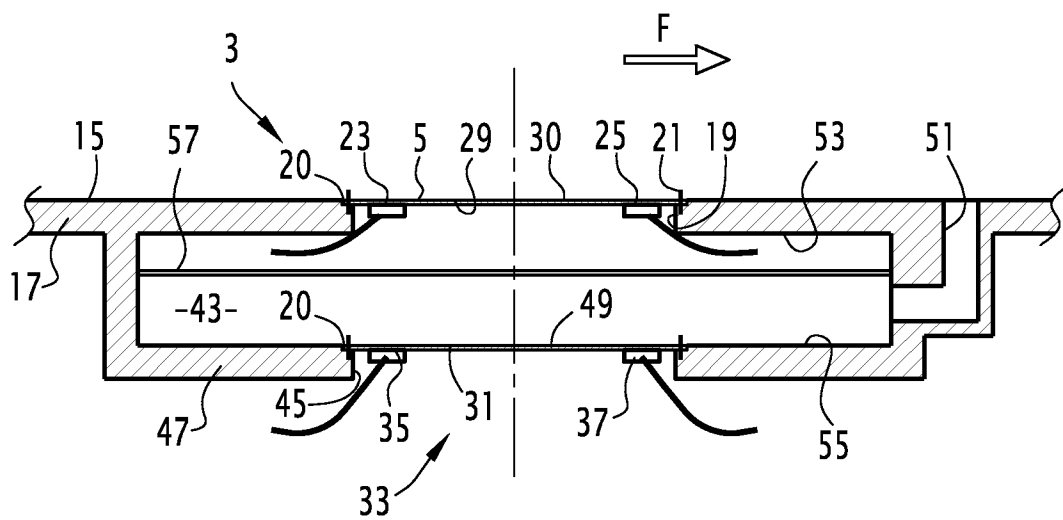
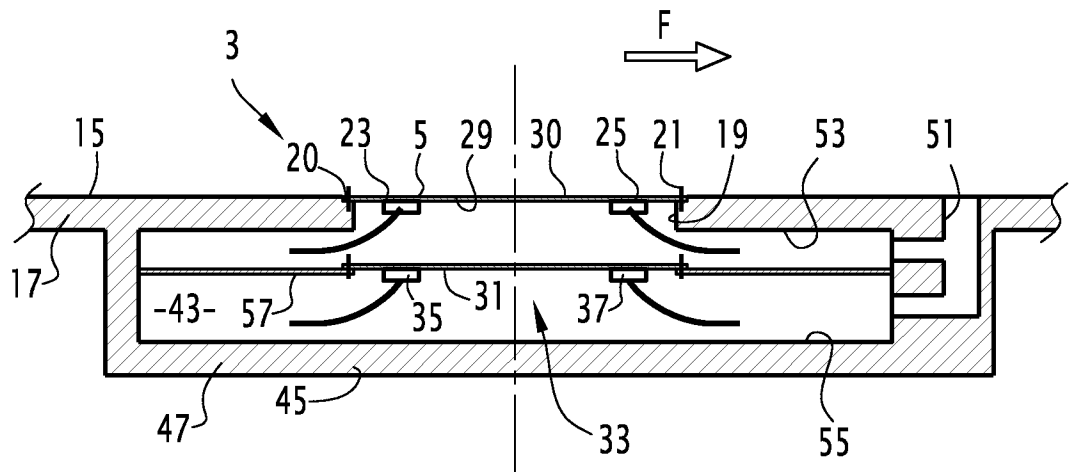
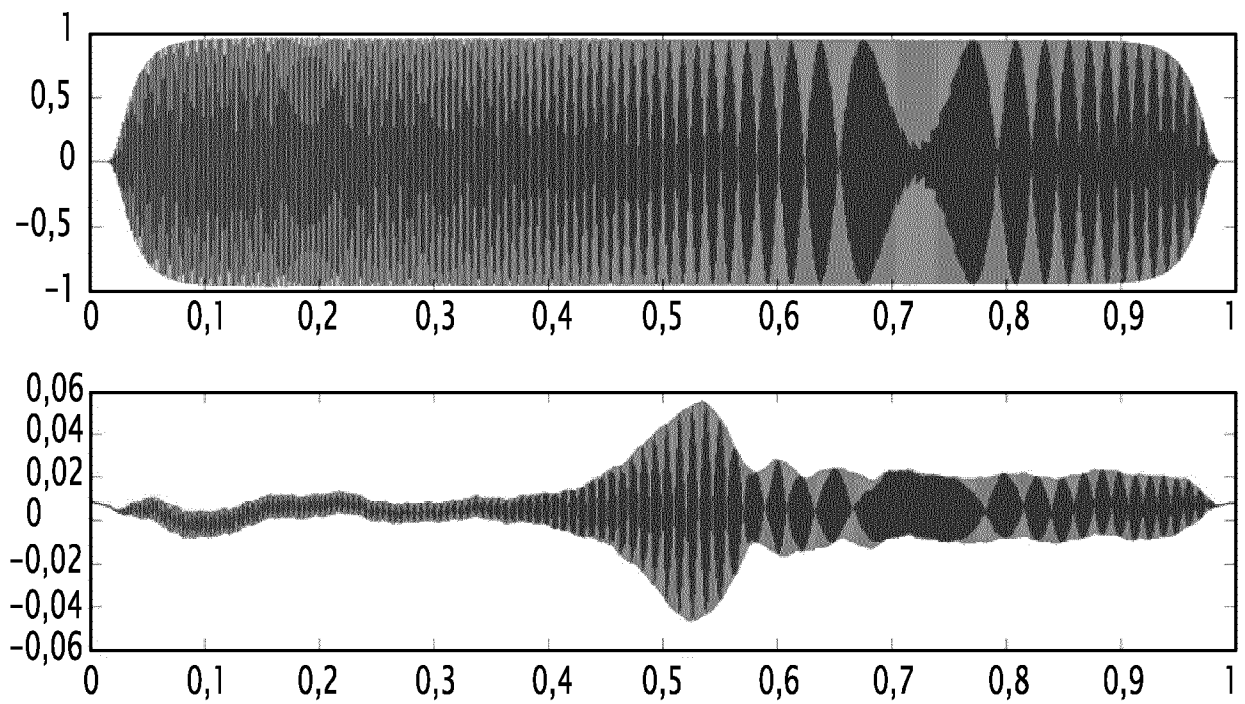
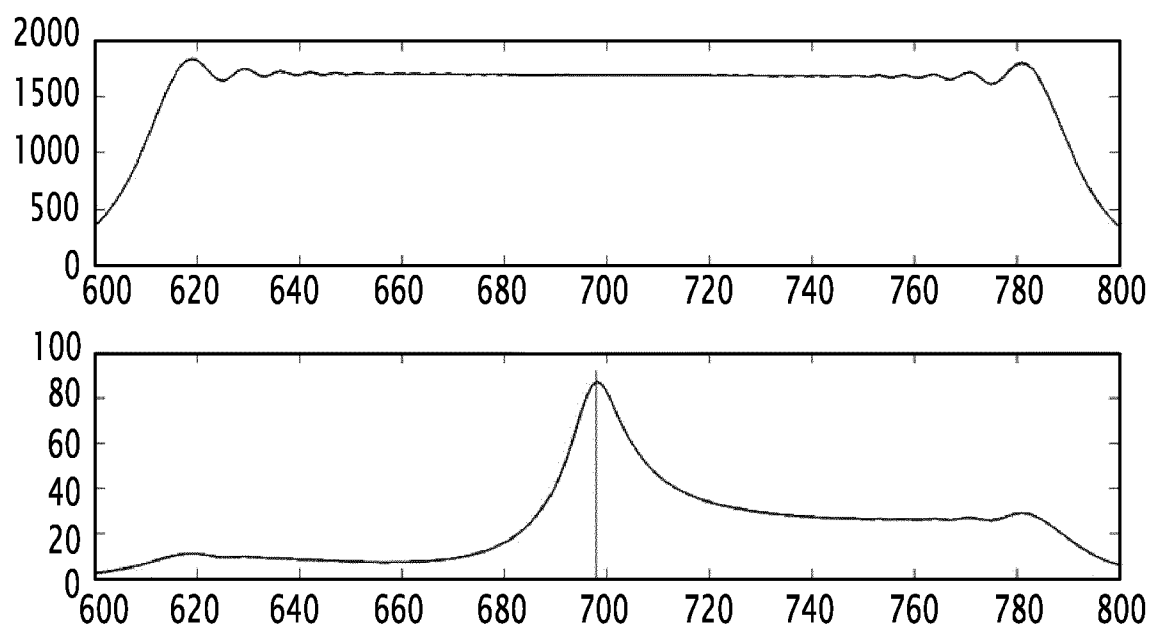


FIG. 7

4/7

FIG.8FIG.9

5/7

FIG.10

6/7

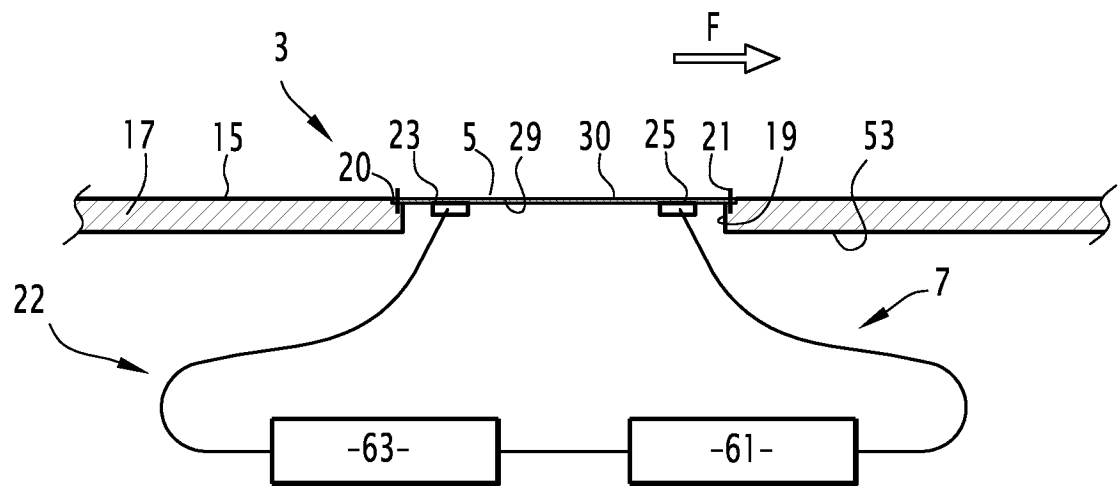


FIG.11

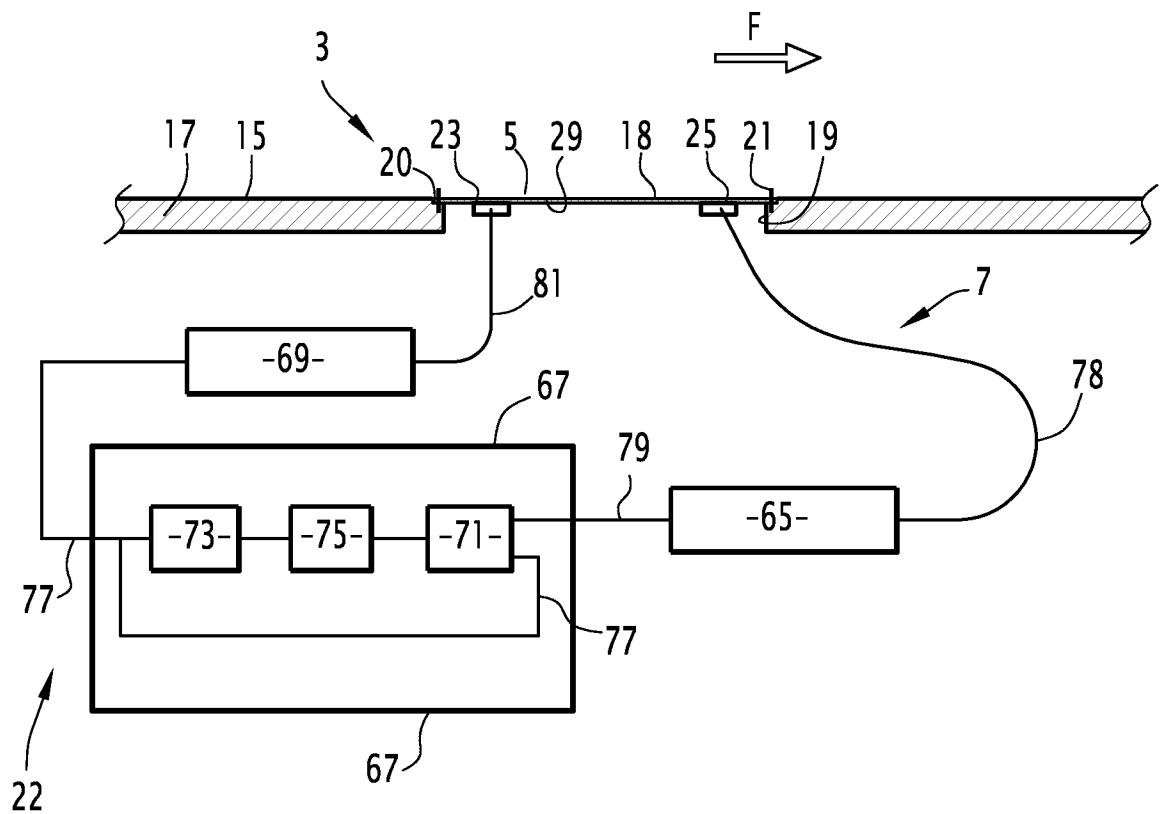


FIG.12

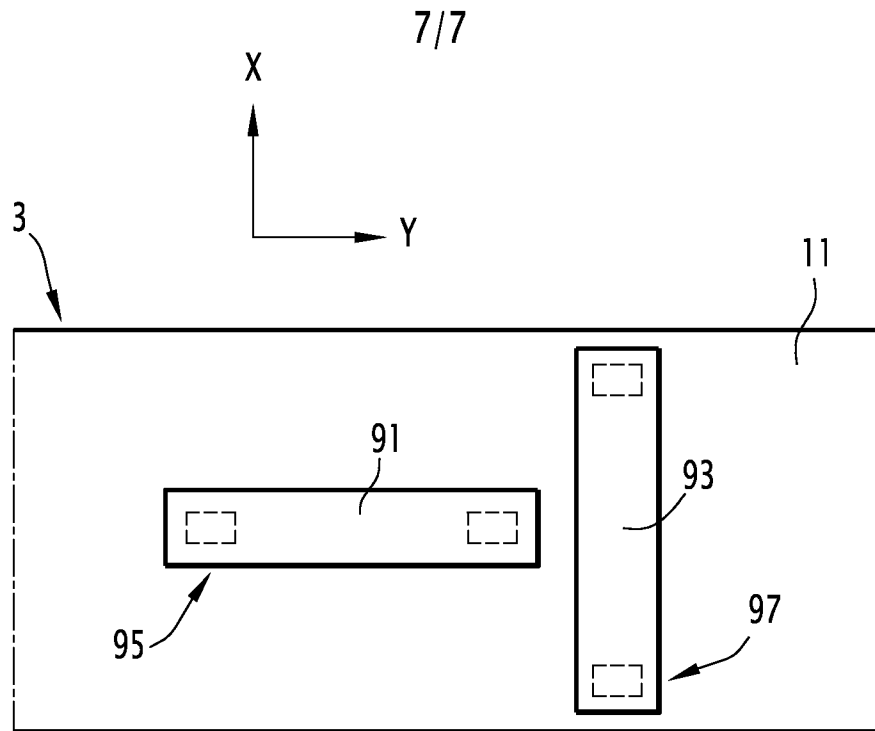


FIG.13

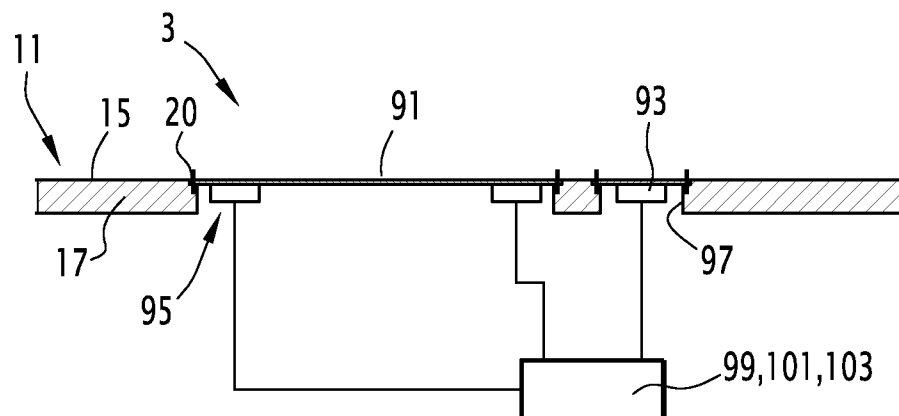


FIG.14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/072803

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01P5/14 G01P13/02 G01P5/01 G01P5/02
ADD.

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)

G01P G01F

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2008 035423 A1 (AIRBUS UK LTD [GB]; EADS DEUTSCHLAND GMBH [DE]) 4 February 2010 (2010-02-04)	1,2,4,11
A	paragraphs [0014], [0025], [0032], [0041], [0050], [0051], [0065], [0066]; figures 3,6	12-15
X	US 2002/088277 A1 (SCHOESS JEFFREY N [US] ET AL) 11 July 2002 (2002-07-11) paragraphs [0018] - [0024]; figures 3,4,8-10	1-15
A	EP 0 239 703 A1 (EMI PLC THORN [GB]) 7 October 1987 (1987-10-07) page 6, line 9 - page 7, line 12	1-15



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.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 February 2012

Date of mailing of the international search report

06/03/2012

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Pflugfelder, Günther

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/072803

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102008035423 A1	04-02-2010	AT 535786 T	15-12-2011
		CA 2728368 A1	04-02-2010
		CN 102105767 A	22-06-2011
		DE 102008035423 A1	04-02-2010
		EP 2329238 A1	08-06-2011
		JP 2011529574 A	08-12-2011
		US 2011107829 A1	12-05-2011
		WO 2010013040 A1	04-02-2010

US 2002088277 A1	11-07-2002	AT 453121 T	15-01-2010
		AU 2002238110 B2	21-07-2005
		CA 2434217 A1	18-07-2002
		EP 1350117 A2	08-10-2003
		JP 2004524520 A	12-08-2004
		JP 2009025314 A	05-02-2009
		US 2002088277 A1	11-07-2002
		US 2004194300 A1	07-10-2004
		WO 02055977 A2	18-07-2002

EP 0239703 A1	07-10-1987	AU 577210 B2	15-09-1988
		AU 6688986 A	09-07-1987
		CA 1318152 C	25-05-1993
		DE 3679663 D1	11-07-1991
		EP 0239703 A1	07-10-1987
		JP 62282270 A	08-12-1987

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2011/072803

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01P5/14 G01P13/02 G01P5/01 G01P5/02 ADD.		
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) G01P G01F		
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		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 10 2008 035423 A1 (AIRBUS UK LTD [GB]; EADS DEUTSCHLAND GMBH [DE]) 4 février 2010 (2010-02-04)	1,2,4,11
A	alinéas [0014], [0025], [0032], [0041], [0050], [0051], [0065], [0066]; figures 3,6	12-15
X	----- US 2002/088277 A1 (SCHOESS JEFFREY N [US] ET AL) 11 juillet 2002 (2002-07-11) alinéas [0018] - [0024]; figures 3,4,8-10	1-15
A	----- EP 0 239 703 A1 (EMI PLC THORN [GB]) 7 octobre 1987 (1987-10-07) page 6, ligne 9 - page 7, ligne 12 -----	1-15
☐ 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 "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
28 février 2012	06/03/2012	
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, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Pflugfelder, Günther

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2011/072803

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102008035423 A1	04-02-2010	AT 535786 T	15-12-2011
		CA 2728368 A1	04-02-2010
		CN 102105767 A	22-06-2011
		DE 102008035423 A1	04-02-2010
		EP 2329238 A1	08-06-2011
		JP 2011529574 A	08-12-2011
		US 2011107829 A1	12-05-2011
		WO 2010013040 A1	04-02-2010

US 2002088277 A1	11-07-2002	AT 453121 T	15-01-2010
		AU 2002238110 B2	21-07-2005
		CA 2434217 A1	18-07-2002
		EP 1350117 A2	08-10-2003
		JP 2004524520 A	12-08-2004
		JP 2009025314 A	05-02-2009
		US 2002088277 A1	11-07-2002
		US 2004194300 A1	07-10-2004
		WO 02055977 A2	18-07-2002

EP 0239703 A1	07-10-1987	AU 577210 B2	15-09-1988
		AU 6688986 A	09-07-1987
		CA 1318152 C	25-05-1993
		DE 3679663 D1	11-07-1991
		EP 0239703 A1	07-10-1987
		JP 62282270 A	08-12-1987
