

(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
27 novembre 2014 (27.11.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/188137 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B64C 23/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2014/051214

(22) Date de dépôt international :
23 mai 2014 (23.05.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
13/54623 23 mai 2013 (23.05.2013) FR

(71) Déposant : AIRCELLE [FR/FR]; Route du Pont 8, F-76700 Gonfreville L'Orcher (FR).

(72) Inventeurs : GONIDEC, Patrick; Lieu dit Canoio, F-31530 Bretx (FR). MAALIOUNE, Hakim; 25 Allée du Pré Fleuri, F-78630 Orgeval (FR). BOUTEILLER, Xavier; 182 rue de Paris, F-76600 Le Havre (FR).

(74) Mandataire : CABINET GERMAIN & MAUREAU; 8 avenue du Président Wilson, F-75016 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, 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, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

(54) Title : REDUCTION OF THE DRAG OF A WALL BY AN ULTRASONIC WAVE GRATING

(54) Titre : RÉDUCTION DE LA TRAINÉE D'UNE PAROI PAR RÉSEAU D'ONDES ULTRASONORES

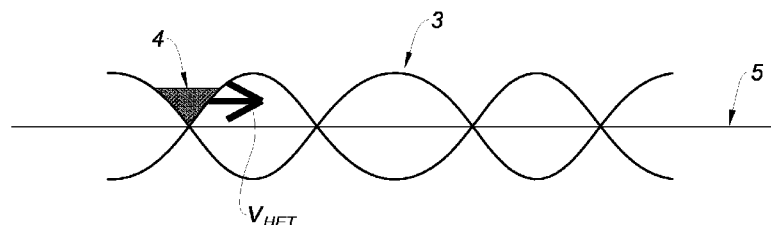


Fig. 2

(57) Abstract : Reduction of the drag of a wall by an ultrasonic wave grating. A method for reducing the drag of an aircraft comprising at least one device for generating an ultrasonic interference grating on at least one shrouded wall of the aircraft, characterised in that it comprises a step of heterodyning the interference grating in such a way as to make it mobile.

(57) Abrégé : Réduction de la trainée d'une paroi par réseau d'ondes ultrasonores Procédé de réduction de la trainée d'un aéronef comprenant au moins un dispositif de génération d'un réseau d'interférences d'ultrasons sur au moins une paroi carénée de l'aéronef caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'hétérodynage du réseau d'interférences de manière à le rendre mobile.



WO 2014/188137 A1

Réduction de la traînée d'une paroi par réseau d'ondes ultrasonores

L'invention se situe dans le domaine des aéronefs et plus précisément concerne un dispositif pour améliorer l'aérodynamique d'un
5 aéronef.

La traînée générée par les aéronefs est un facteur de consommation important. Classiquement, afin d'améliorer l'aérodynamique d'un aéronef, c'est-à-dire diminuer la traînée de frottement de l'aéronef, des
10 travaux sont effectués sur l'état de surface des parois de l'aéronef et / ou la forme de ces parois pour garder un gradient de pression négatif et donc accélérer l'écoulement.

Afin de réduire la traînée d'un aéronef, il est donc connu de fabriquer des parois permettant de laminariser la couche limite existant au
15 niveau de ces parois, cette laminarisation permet de réduire le gradient de vitesse de la couche limite aux parois. Cette laminarisation exige des lignes aérodynamiques, un état de surface contraignant et / ou des équipements de pompage lourds et encombrants.

On appelle couche limite une couche de fluide freiné que l'on
20 rencontre à la surface des corps le long desquels ce fluide s'écoule.

Des améliorations sont également proposées par le biais de changements de matériaux plus favorables à la réduction de la traînée d'aéronefs.

Ces solutions entraînent une réduction de la traînée d'un aéronef le
25 plus souvent au prix d'une augmentation non négligeable de la masse de l'aéronef en sus d'une complexité et d'un coût élevé à la fabrication de tels dispositifs.

Un but de la présente invention est de réduire le frottement de la
30 couche limite sur les parois d'un aéronef en proposant un aéronef affranchi des inconvénients de l'état de la technique dont la plupart sont énumérés plus haut.

La présente invention vise à proposer un procédé de réduction de la traînée d'un aéronef comprenant au moins un dispositif de génération d'un
35 réseau d'interférences d'ultrasons sur au moins une paroi carénée de l'aéronef

caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'hétérodynage du réseau d'interférences de manière à le rendre mobile.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention, le procédé comporte
5 l'une ou plusieurs des étapes optionnelles suivantes considérées seules ou selon toutes les combinaisons possibles :

- On engendre lesdites interférences au moyen d'émetteurs ultrasons synchrones ;
- 10 - ajustement de la fréquence de synchronisation des ultrasons de manière à obtenir une longueur d'onde adaptée à l'épaisseur de la couche limite d'un écoulement ;
- ajustement de l'énergie émise par les émetteurs de manière à obtenir une amplitude de réseau adaptée à l'épaisseur de la
15 couche limite ;
- ajustement de l'hétérodynage de manière à obtenir un déplacement du réseau d'interférences dans le sens opposé au déplacement de l'aéronef ;
- ajustement de l'hétérodynage de manière à obtenir un
20 déplacement du réseau d'interférences dans le sens du déplacement de l'aéronef ;
- ajustement de l'hétérodynage de manière à obtenir une vitesse de déplacement du réseau d'interférences du même ordre de grandeur que la vitesse d'écoulement externe de la couche
25 limite ;
- les émetteurs sont excités de manière à suivre les lignes de courants de la couche limite en ayant aussi une composante transversale ;
- ajustement de deux dispositifs de génération d'un réseau
30 d'interférences ultrasoniques disposés sur l'intrados et l'extrados d'un organe de telle manière que le déplacement du réseau d'interférences généré sur l'intrados est de sens opposé à celui généré sur l'extrados ;

35 L'invention concerne aussi un élément d'aéronef, tel qu'une nacelle, pour la mise en œuvre d'un procédé tel que décrit plus haut

remarquable en ce qu'il est équipé d'au moins un dispositif de génération d'un réseau d'interférences d'ultrasons et de moyens pour hétérodyner le réseau d'interférences d'ultrasons de manière à le rendre mobile.

L'élément d'aéronef peut aussi comprendre des émetteurs
5 d'ultrasons synchrones.

Les émetteurs d'ultrasons synchrones peuvent aussi comprendre des éléments piézoélectriques.

Les éléments piézoélectriques peuvent être conformés en bandes ou peuvent être globalement ponctuels.

10

Cette solution permet de modifier les conditions d'adhérence de la couche limite sur au moins une paroi de l'aéronef.

Avantageusement, le réseau d'interférences permet de faire vibrer la paroi externe de l'aéronef, ce réseau de vibrations de la paroi externe se
15 déplace et permet d'entraîner la couche limite selon une vitesse fonction de la vitesse de déplacement du réseau d'interférences.

Le déplacement du réseau d'interférences permet donc de réduire notablement voire d'annuler les effets de la présence de la couche limite sur une paroi de l'aéronef.

20

Avantageusement, le dispositif de génération du réseau d'interférences peut être réglé de manière à conserver la laminarité de la couche limite. En effet le gradient de vitesse à la paroi que minimise le dispositif présenté est aussi le principal facteur de production de turbulence qui se trouve donc de facto minimisé par l'usage d ce dispositif.

25

Cette solution permet de réduire notablement voire annuler la traînée générée par au moins une paroi carénée.

Cette solution vise une réduction de la traînée globale de l'avion d'au moins 10% de sa valeur initiale.

30

Par ailleurs ce dispositif permet également de retarder le décollement de la couche limite. Ceci permet par exemple de reculer la limite de décrochage d'un profil d'aile et donc d'en augmenter l'incidence maximale d'utilisation donc ce profil pourra fournir une portance plus importante.

35

Avantageusement, l'implémentation d'un dispositif de génération d'interférences ultrasoniques dans un aéronef ou plus particulièrement dans une nacelle s'avère peu coûteux et son utilisation peu gourmande en énergie.

On décrit à présent, à titre d'exemple non limitatif, un mode de réalisation possible de la présente invention, en référence aux figures annexées ; sur l'ensemble des figures, des références identiques ou analogues désignent des organes ou ensembles d'organes identiques ou analogues, le repère (X,Y,Z) est un trièdre direct dont l'axe X est confondu avec l'axe Δ d'une nacelle d'aéronef et le plan (X,Z) est le plan de symétrie de la nacelle :

- 10 - la figure 1 est une vue schématique de principe d'un réseau de génération d'interférences ultrasoniques selon un mode de réalisation de la présente invention,
- la figure 2 est une vue schématique illustrant la manière dont des particules d'air sont entraînées par une onde ultrasonique générée par le réseau selon le mode de réalisation de la présente invention,
- 15 - la figure 3 est une vue selon l'axe Y de la nacelle équipée d'un dispositif de génération d'un réseau d'interférences ultrasoniques selon un premier mode de réalisation de la présente invention,
- 20 - la figure 4 est une vue selon l'axe Y de la nacelle équipée d'un dispositif de génération d'un réseau d'interférences ultrasoniques selon un second mode de réalisation de la présente invention,
- 25 - la figure 5 est une vue selon l'axe Y de la nacelle équipée d'un dispositif de génération d'un réseau d'interférences ultrasoniques selon un troisième mode de réalisation de la présente invention.

En référence aux figures 1 et 2, on décrit un principe d'un réseau électronique de génération d'interférences ultrasoniques selon un mode de réalisation de la présente invention.

Le réseau électronique de génération d'interférences ultrasoniques comprend un premier circuit 1 et un second circuit 2, les deux circuits étant identiques et chacun comportant un oscillateur à quartz, pour une bonne précision d'oscillations à n'importe quelle contrainte environnementale, un excitateur piézoélectrique, un diviseur, un comparateur de phase, un diviseur

programmable, des résistances, un condensateur, un dispositif de synthèse de fréquence.

Le réseau électronique de génération d'interférences ultrasoniques permet de générer deux fréquences distinctes présentant une valeur faiblement
5 différente l'une de l'autre via les premier 1 et second 2 circuits, rendus synchrones via une horloge.

La faible différence entre les fréquences exige une bonne précision des oscillations de l'oscillateur, c'est pourquoi l'oscillateur à quartz a été choisi, en raison de la précision qu'il confère sous des contraintes de température
10 fortes aussi bien que faibles.

Ce réseau électronique de génération d'interférences ultrasoniques permet de générer un réseau d'interférences hétérodyné, c'est-à-dire que la fréquence des ondes ultrasoniques générées par le premier circuit 1 est
15 différente de la fréquence des ondes ultrasoniques générées par le second circuit 2 et la différence entre ces deux fréquences est faible afin d'obtenir l'hétérodynage.

Les ondes ultrasoniques émises par les premier 1 et second 2 circuits sont mélangées de manière à ce que les ondes ultrasoniques émises par le premier circuit 1 entrent en interférence avec celles émises par le second
20 circuit 2 afin de former un réseau d'interférences.

Hétérodyner un réseau d'interférences ultrasoniques revient à rendre mobile ce réseau au cours du temps entre la source d'ondes ultrasoniques du premier circuit 1 et celle du second circuit 2.

Les ondes se propagent le long de la surface externe 3 d'une nacelle 3, mais peuvent se propager sur toute surface carénée d'un aéronef
25 dans la mesure où un tel dispositif de génération d'interférences ultrasoniques est installé à cet effet.

La vitesse de défilement du réseau d'interférences ultrasoniques rendu mobile par hétérodynage s'exprime de la manière suivante :

30

$$V_{hét} = \frac{\Delta f}{f} * C$$

Où Δf est la différence de fréquence (par exemple à partir de 100 Hz et plus) entre la fréquence des ondes ultrasoniques émises par le premier circuit 1 et celle des ondes ultrasoniques émises par le second circuit 2 ; f est

la fréquence des ondes porteuses, s'étendant sur un spectre de par exemple 30 KHz à 100 MHz ; et C est la vitesse de propagation des ondes ultrasoniques dans une structure, par exemple 3000 m.s⁻¹ à 15000 m.s⁻¹ selon le matériau.

La vitesse de défilement $V_{hét}$ ainsi obtenue par hétérodynage peut
5 varier facilement de 1 m.s⁻¹ à 500 m.s⁻¹ par exemple.

L'hétérodynage d'un réseau d'interférences permet ainsi de créer une structure ondulatoire 3 capable d'entraîner au moins partiellement des particules d'air 4 au voisinage d'une paroi 5.

Il est possible d'augmenter l'amplitude des ondes ultrasoniques
10 provenant des premier 1 et second 2 circuits de manière à obtenir une taille d'onde voisine de certaines structures turbulentes présentes à la paroi dans laquelle les ondes ultrasoniques se propagent, tout en maintenant une vitesse de défilement $V_{hét}$ du réseau d'interférences ultrasoniques constante car elle ne dépend que de la différence entre la fréquence des ondes ultrasoniques
15 émises par le premier circuit 1 et celle des ondes ultrasoniques émises par le second circuit 2.

La vitesse de défilement $V_{hét}$ peut par exemple être voisine de celle de l'écoulement de l'air dans la couche limite à une certaine distance de la paroi la paroi dans laquelle les ondes ultrasoniques se propagent.

20 Préférentiellement, la vitesse de défilement $V_{hét}$ est sensiblement égale ou supérieure à celle de l'écoulement de l'air à la frontière externe de la couche limite à la paroi dans laquelle les ondes ultrasoniques se propagent.

Le réseau d'interférences mobile est engendré sur la surface d'un aéronef par hétérodynage d'un ensemble d'émetteurs ultrason synchrones (Cf.
25 Figs.3, 4, 5), qui sont des sources cohérentes d'ondes ultrasoniques, ces ondes étant donc susceptibles d'interférer.

Le réseau d'interférences mobile génère des ondulations sur la paroi carénée, ces ondulations sont rendues virtuellement mobiles à la vitesse $V_{hét}$ par l'hétérodynage, ces ondulations permettent de capturer des particules
30 d'air s'écoulant au voisinage de la paroi carénée, et grâce à leur vitesse de défilement $V_{hét}$ entraînent les particules ainsi capturées dans le sens de défilement à la vitesse $V_{hét}$.

Par la suite, les émetteurs ultrason synchrones seront des
35 émetteurs de type piézoélectriques, mais l'invention ne se limite pas à de tels émetteurs, les émetteurs peuvent par exemple être des excitateurs de type

électrodynamiques ou électrostatiques; de la même manière, la paroi le long de laquelle les ondes ultrasoniques se propagent est la paroi externe de la nacelle de l'aéronef, et l'invention ne se limite pas à cette paroi externe mais comprend toute paroi carénée de l'aéronef.

5 Préférentiellement, ces émetteurs piézoélectriques sont collés sur la paroi carénée, mais elles peuvent aussi être intégrées dans la paroi si la paroi carénée est composite par exemple ou elles peuvent encore être fixées mécaniquement sur la paroi carénée par vissage par exemple.

10 Par la suite on considèrera que les émetteurs piézoélectriques d'un dispositif de génération d'un réseau d'interférences d'ondes ultrasoniques sont espacés entre eux d'une distance proportionnelle à la longueur d'onde des ondes ultrasoniques ou vice-versa. Cette condition est la plus favorable à l'obtention d'un réseau d'interférence entre les émetteurs ultrasonores.

15 On entend par amont ce qui vient avant le point ou élément considéré, dans le sens de l'écoulement de l'air dans la nacelle, et par aval ce qui vient après le point ou élément considéré, dans le sens de l'écoulement de l'air dans la nacelle.

20 En référence aux figures 3 et 4 on décrit les caractéristiques communes du fonctionnement d'un dispositif de génération d'interférences ultrasoniques tel que décrit plus haut en coopération avec des émetteurs d'ondes ultrasoniques selon les premier et second modes de réalisation de la présente invention.

25 Ce dispositif de génération d'interférences ultrasoniques est installé sur une nacelle 6 d'aéronef (non représenté) de telle manière que les ondes ultrasoniques 3 générées par des émetteurs ultrason amont 7 synchrones installés au niveau d'une lèvre d'entrée d'air 8 à l'extrémité amont de la nacelle 6 et d'une zone de réduction de traînée 9, et par des émetteurs ultrason aval 30 10 synchrones installés en aval de la zone de réduction de traînée ou de relaminarisation 9, se propagent le long d'une paroi externe 5 de la nacelle 6.

35 Le premier circuit 1 génère en coopération avec les émetteurs ultrason amont 7 des ondes ultrasoniques 3 se propageant vers l'aval de la nacelle 6 tandis que le second circuit 2 génère en coopération avec les émetteurs ultrason aval 10 des ondes ultrasoniques 3 se propageant vers l'amont de la nacelle 6.

Un réseau d'interférences des ondes ultrasoniques 3 issues des émetteurs ultrason amont 7 avec les ondes ultrasoniques 3 issues des émetteurs ultrason aval 10 est alors créé. Ce réseau présente une vitesse $V_{hét}$ de défilement virtuel adapté à la vitesse d'écoulement de l'air au voisinage de la paroi externe 5 de la nacelle 6 et orientée vers l'aval de la nacelle 6 en fonctionnement de croisière de l'aéronef.

Les particules d'air 4 (Cf. Fig. 2) s'écoulant au voisinage de la paroi externe 5 de la nacelle 6 sont alors entraînées par la paroi externe 5 vibrant sous l'action du réseau d'interférences des ondes ultrasoniques 3.

Les frottements sont ainsi notablement réduits voire annulés au niveau de la paroi externe 5 de la nacelle 6, réduisant ou annulant ainsi la traînée générée par la paroi externe 5.

Les émetteurs ultrason amont 7 et les émetteurs ultrason aval 10 comprennent des bandes d'éléments piézoélectriques excitatrices permettant de générer les ondes ultrasoniques 3.

En référence à la figure 3 particulièrement, on décrit les caractéristiques spécifiques au fonctionnement d'un dispositif de génération d'interférences ultrasoniques tel que décrit plus haut en coopération avec des émetteurs d'ondes ultrasoniques selon le premier mode de réalisation de la présente invention.

Les émetteurs ultrason aval 10 synchrones sont installés à l'extrémité aval de la zone de réduction de traînée / relaminarisation 9, les ondes ultrasoniques 3 générées par ces émetteurs aval 10 se propagent le long de la paroi externe 5 de la nacelle 6.

Les frottements sont ainsi notablement réduits voire annulés au niveau de la zone de relaminarisation 9 de la nacelle 6, réduisant ou annulant ainsi la traînée générée par la zone de relaminarisation 9.

En référence à la figure 4 particulièrement, on décrit les caractéristiques spécifiques au fonctionnement d'un dispositif de génération d'interférences ultrasoniques tel que décrit plus haut en coopération avec des émetteurs d'ondes ultrasoniques selon le second mode de réalisation de la présente invention.

Les émetteurs ultrason aval 10 synchrones sont installés à l'extrémité aval de la nacelle 6, les ondes ultrasoniques 3 générées par ces émetteurs aval 10 se propagent le long de la paroi externe 5 de la nacelle 6.

Les frottements sont ainsi notablement réduits voire annulés au
5 niveau de la paroi externe 5 toute entière de la nacelle 6, réduisant ou annulant ainsi la traînée générée par la paroi externe 5.

En référence à la figure 5, on décrit le fonctionnement d'un dispositif de génération d'interférences ultrasoniques tel que décrit plus haut en
10 coopération avec des émetteurs d'ondes ultrasoniques selon le troisième mode de réalisation de la présente invention.

Ce dispositif de génération d'interférences ultrasoniques est installé sur une nacelle 6 d'aéronef (non représenté) de telle manière que les ondes ultrasoniques 3 générées par des émetteurs ultrason 12 synchrones installés le
15 long de la paroi externe 5 de la nacelle 6 se propagent le long de paroi externe 5.

Le dispositif de génération d'interférences ultrasoniques comprend une pluralité de circuits 1, 2 générant, en coopération avec des émetteurs ultrason 12 comprenant des excitateurs piézoélectriques globalement
20 ponctuels, des ondes ultrasoniques 3 se propageant de manière circulaire sur la paroi 5 de la nacelle 6.

Une pluralité de réseaux d'interférences des ondes ultrasoniques 3 issues des émetteurs ultrason 12 sont alors créés. Ces réseaux présentent chacun une vitesse $V_{hét}$ de défilement virtuel supérieure à la vitesse
25 d'écoulement de l'air au voisinage de la paroi externe 5 de la nacelle 6 et orientée de manière à diriger l'écoulement de l'air au voisinage de la paroi externe 5 de la nacelle 6 pour réduire la traînée qu'il induit de manière optimal en fonctionnement de croisière de l'aéronef.

Les particules d'air 4 (Cf. Fig. 2) s'écoulant au voisinage de la paroi
30 externe 5 de la nacelle 6 sont alors entraînées par la paroi externe 5 vibrant sous l'action des réseaux d'interférences des ondes ultrasoniques 3.

Les frottements sont ainsi notablement réduits voire annulés au niveau de la paroi externe 5 de la nacelle 6, réduisant ou annulant ainsi la traînée générée par la paroi externe 5.

35 Ce dispositif peut être avantageusement appliqué à l'entrée d'air d'une nacelle de manière à en améliorer la tenue en vent de travers dont les

principaux effets sont intimement liés à des décollement de couche limite qui peuvent être significativement retardés par le dispositif décrit ici.

De manière annexe le réseau mobile d'interférence améliore également le dégivrage de l'entrée d'air par rapport à un dispositif de dégivrage par ultrason n'utilisant pas un tel réseau d'interférences d'hétérodynes.

Il va de soi que l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits ci-dessus à titre d'exemple, mais qu'elle comprend tous les équivalents techniques et toutes les variantes des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons possibles.

REVENDICATIONS

1. Procédé de réduction de la traînée d'un aéronef comprenant au moins un dispositif de génération d'un réseau d'interférences d'ultrasons sur au moins une paroi carénée de l'aéronef caractérisé en ce qu'il comprend une
5 étape d'hétérodynage du réseau d'interférences de manière à le rendre mobile.

2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'on engendre lesdites interférences au moyen d'émetteurs ultrasons synchrones.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'ajustement de la fréquence de synchronisation des
10 ultrasons de manière à obtenir une longueur d'onde adaptée à l'épaisseur de la couche limite d'un écoulement.

4. Procédé selon la revendication 2 caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'ajustement de l'énergie émise par les émetteurs de manière à obtenir une amplitude de réseau proche de l'épaisseur de la couche
15 limite (épaisseur de déplacement ou de quantité de mouvement).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'ajustement de l'hétérodynage de manière à obtenir un déplacement du réseau d'interférences dans le sens opposé au déplacement de l'aéronef.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'ajustement de l'hétérodynage de manière à obtenir un déplacement du réseau d'interférences dans le sens du déplacement de l'aéronef.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes
25 caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'ajustement de l'hétérodynage de manière à obtenir une vitesse de déplacement du réseau d'interférences du même ordre de grandeur que la vitesse d'écoulement de la couche limite.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 7 caractérisé en ce que les émetteurs sont excités de manière à suivre les lignes
30 de courants de la couche limite en ayant aussi une composante transversale.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'ajustement de deux dispositifs de génération d'un réseau d'interférences ultrasoniques disposés sur l'intrados et l'extrados d'un organe de telle manière que le déplacement du réseau
35 d'interférences généré sur l'intrados est de sens opposé à celui généré sur l'extrados.

10. Élément d'aéronef, tel qu'une nacelle, pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il est équipé d'au moins un dispositif de génération d'un réseau d'interférences d'ultrasons et de moyens pour hétérodyner le réseau d'interférences d'ultrasons de manière à le rendre mobile.

11. Élément d'aéronef selon la revendication 10 caractérisé en ce qu'il comprend des émetteurs ultrasons synchrones.

12. Élément d'aéronef selon la revendication 11 caractérisé en ce que les émetteurs ultrasons synchrones comprennent des éléments piézoélectriques.

13. Élément d'aéronef selon l'une quelconque des revendications 10 à 12 caractérisé en ce qu'il comprend une aile d'aéronef dont le dispositif de génération du réseau d'interférences d'ultrasons et les moyens pour hétérodyner le réseau d'interférences d'ultrasons de manière à le rendre mobile est disposé en particulier sur son extrados, de façon à augmenter l'angle d'incidence maximal du profil de l'aile et sa portance maximale.

1 / 2

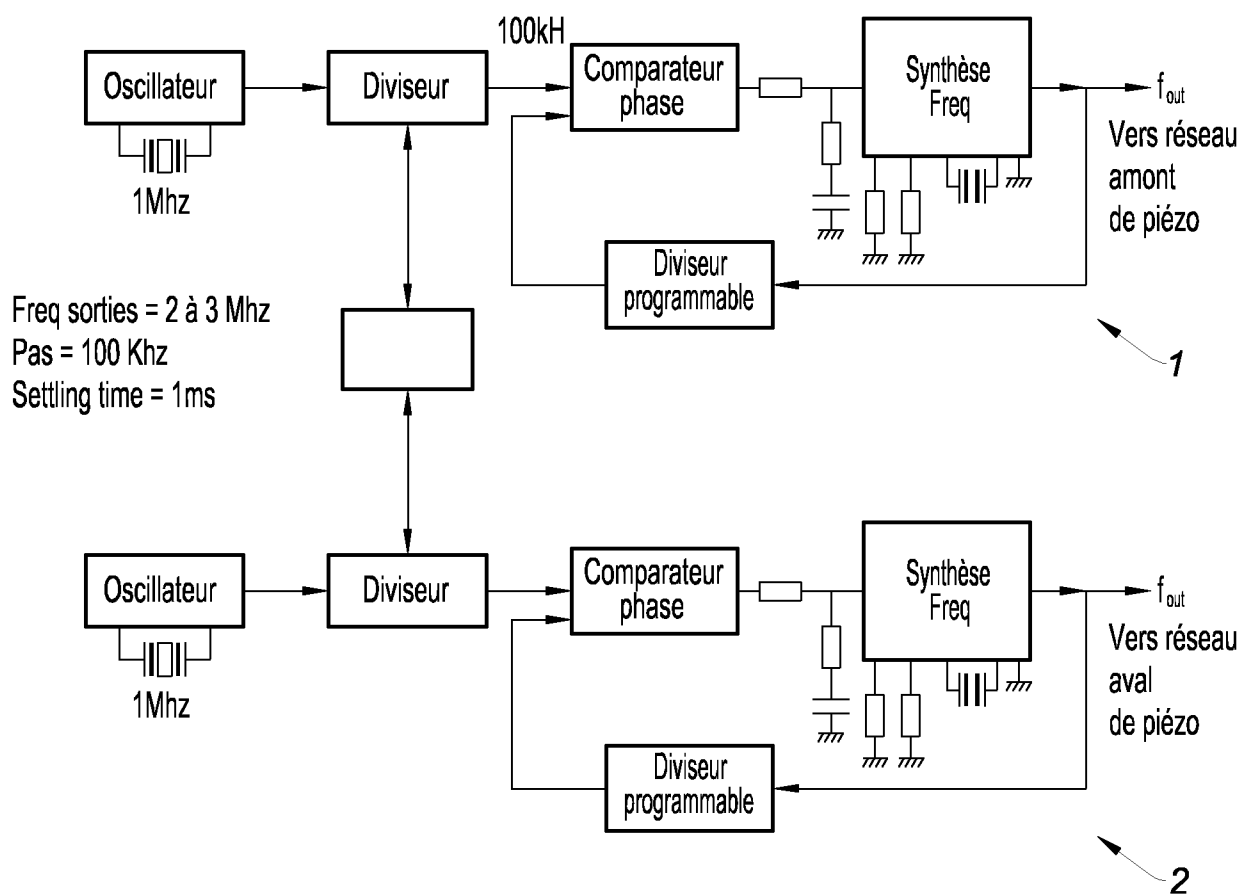


Fig. 1

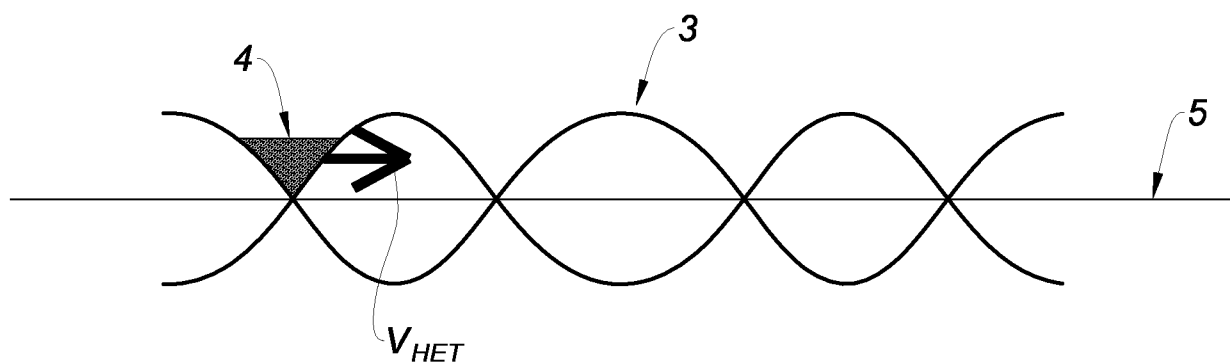
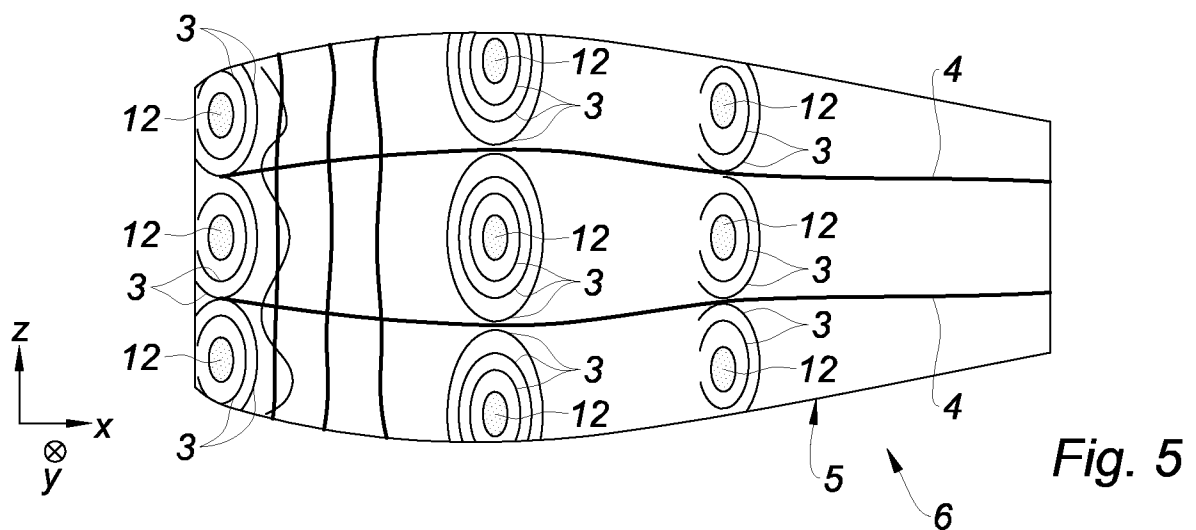
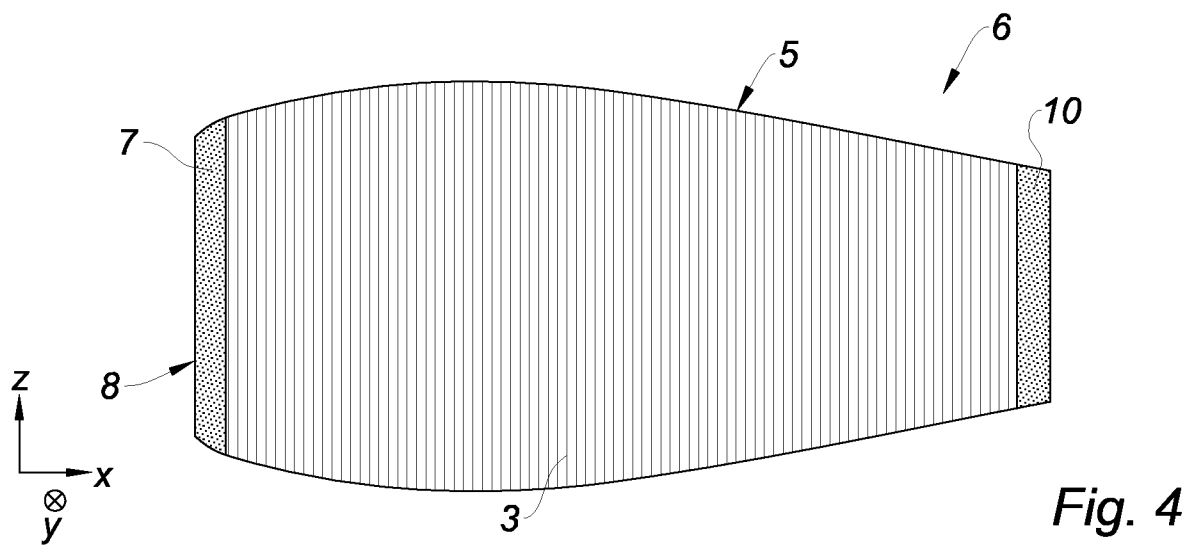
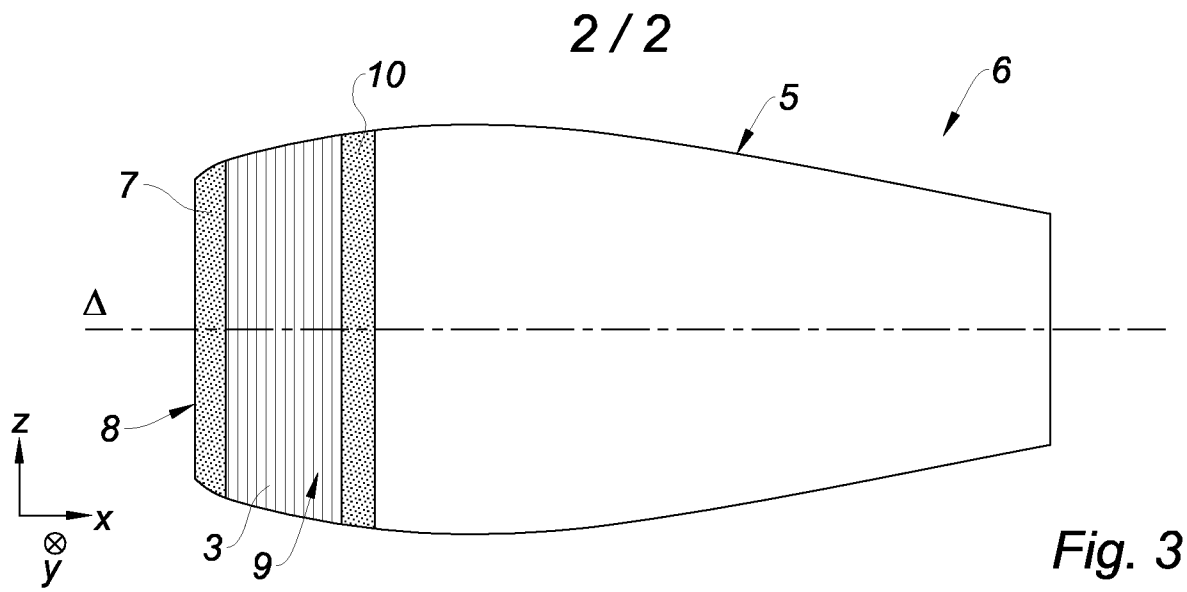


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2014/051214A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B64C23/00
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)
B64C

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 practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 741 498 A (GERHARDT HEINZ A A [US]) 3 May 1988 (1988-05-03) column 4, line 4 - column 6, line 14; figures 1-5 ----- -/--	1-13



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 application or patent 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

10 September 2014

Date of mailing of the international search report

18/09/2014

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

Hofmann, Udo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2014/051214

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004/084569 A1 (BONUTTI PETER M [US]) 6 May 2004 (2004-05-06) page 1, paragraph 7 - page 2, paragraph 13 page 4, paragraph 76 - page 5, paragraph 77 page 5, paragraph 83 - page 6, paragraph 85 page 6, paragraph 91 - page 7, paragraph 94 page 7, paragraph 97 - paragraph 98 page 9, paragraph 118 - paragraph 119 page 10, paragraph 129 - paragraph 130 page 13, paragraph 154; figures 1,6-8,11-14,33 -----	1-13
X	US 2008/128027 A1 (HYDE RODERICK A [US] ET AL) 5 June 2008 (2008-06-05) page 4, paragraph 52 - page 5, paragraph 54 page 5, paragraph 61; figures 3-6 -----	1-13
A	US 5 365 490 A (KATZ RICHARD A [US]) 15 November 1994 (1994-11-15) column 1, line 29 - column 2, line 30; figures 1,2,6,7 -----	1,10
A	JP 2005 199870 A (PRO SAIDO KK) 28 July 2005 (2005-07-28) abstract -----	1,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2014/051214

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4741498	A	03-05-1988	NONE
US 2004084569	A1	06-05-2004	EP 1608534 A2 28-12-2005
		US 2004084569	A1 06-05-2004
		US 2005257776	A1 24-11-2005
		US 2006096580	A1 11-05-2006
		US 2007158502	A1 12-07-2007
		US 2010276006	A1 04-11-2010
		US 2011284113	A1 24-11-2011
		US 2013306177	A1 21-11-2013
		US 2013312857	A1 28-11-2013
		WO 2005039931	A2 06-05-2005
US 2008128027	A1	05-06-2008	NONE
US 5365490	A	15-11-1994	NONE
JP 2005199870	A	28-07-2005	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2014/051214

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B64C23/00
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)
B64C

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 4 741 498 A (GERHARDT HEINZ A A [US]) 3 mai 1988 (1988-05-03) colonne 4, ligne 4 - colonne 6, ligne 14; figures 1-5	1-13
X	US 2004/084569 A1 (BONUTTI PETER M [US]) 6 mai 2004 (2004-05-06) page 1, alinéa 7 - page 2, alinéa 13 page 4, alinéa 76 - page 5, alinéa 77 page 5, alinéa 83 - page 6, alinéa 85 page 6, alinéa 91 - page 7, alinéa 94 page 7, alinéa 97 - alinéa 98 page 9, alinéa 118 - alinéa 119 page 10, alinéa 129 - alinéa 130 page 13, alinéa 154; figures 1,6-8,11-14,33	1-13
	----- -/-	



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

10 septembre 2014

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

18/09/2014

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

Hofmann, Udo

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2008/128027 A1 (HYDE RODERICK A [US] ET AL) 5 juin 2008 (2008-06-05) page 4, alinéa 52 - page 5, alinéa 54 page 5, alinéa 61; figures 3-6 -----	1-13
A	US 5 365 490 A (KATZ RICHARD A [US]) 15 novembre 1994 (1994-11-15) colonne 1, ligne 29 - colonne 2, ligne 30; figures 1,2,6,7 -----	1,10
A	JP 2005 199870 A (PRO SAIDO KK) 28 juillet 2005 (2005-07-28) abrégé -----	1,10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2014/051214

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4741498	A	03-05-1988	AUCUN	
US 2004084569	A1	06-05-2004	EP 1608534 A2	28-12-2005
			US 2004084569 A1	06-05-2004
			US 2005257776 A1	24-11-2005
			US 2006096580 A1	11-05-2006
			US 2007158502 A1	12-07-2007
			US 2010276006 A1	04-11-2010
			US 2011284113 A1	24-11-2011
			US 2013306177 A1	21-11-2013
			US 2013312857 A1	28-11-2013
			WO 2005039931 A2	06-05-2005
US 2008128027	A1	05-06-2008	AUCUN	
US 5365490	A	15-11-1994	AUCUN	
JP 2005199870	A	28-07-2005	AUCUN	