

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 03.11.06.

③① Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 09.05.08 Bulletin 08/19.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) Etablis-
sement public à caractère scientifique et technologique —
FR.

⑦② Inventeur(s) : STANISLAS MICHEL, FOUCAUT
JEAN MARC et KOSTAS DIMITRIOS.

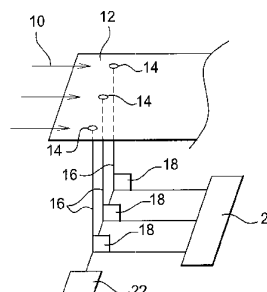
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : ERNEST GUTMANN YVES PLASSE-
RAUD SAS.

⑤④ DISPOSITIF POUR RETARDER LE DECOLLEMENT D'UNE COUCHE LIMITE.

⑤⑦ Dispositif pour retarder le décollement d'une couche
limite dans un écoulement d'air (10) sur une paroi (12), com-
prenant des orifices (14) formés dans la paroi (12) et reliés
par des conduits (16) à des vannes (18) d'alimentation en
air comprimé, la fréquence des cycles d'ouverture et de fer-
meture des vannes et la durée d'ouverture des vannes étant
choisies pour que des pics de suritesse des jets pulsés qui
se produisent en sortie des orifices (14) à l'ouverture des
vannes, se succèdent de façon quasi-continue.

L'invention s'applique notamment aux ailes d'avions et
aux carrosseries des véhicules automobiles.



Dispositif pour retarder le décollement d'une couche limite

L'invention concerne un dispositif pour retarder le décollement d'une couche limite dans un écoulement d'air sur une paroi, telle par exemple
5 qu'une aile d'avion ou une carrosserie de véhicule automobile.

On sait que le décollement de la couche limite, dans le cas d'une aile d'avion, se produit quand l'angle d'attaque de l'aile par rapport à l'écoulement devient important, ce qui arrive au décollage, à l'atterrissage et pendant les manœuvres, et se traduit par une diminution de la portance
10 et par la génération d'une traînée et donc par une diminution sensible des performances aérodynamiques de l'avion.

On a déjà proposé, pour retarder ce décollement, d'utiliser des jets continus ou pulsés, qui sont produits par alimentation en air sous pression d'orifices formés dans la paroi et inclinés par exemple dans une direction
15 perpendiculaire à l'écoulement et à 45° par rapport à la surface de la paroi, ces jets générant des tourbillons qui augmentent le frottement de l'écoulement sur la paroi et s'opposent au décollement de la couche limite.

Ces jets, continus ou pulsés, sont commandés par des moyens tels que des électrovannes et ne sont générés que pendant les phases de vol
20 où ils sont utiles. Les jets pulsés sont moins efficaces que les jets continus mais ont l'avantage de consommer moins d'air comprimé prélevé sur un moteur de l'avion car ce prélèvement se traduit par une diminution du rendement du moteur.

La présente invention a notamment pour but d'améliorer les
25 performances des dispositifs du type précité à jets pulsés.

Elle propose à cet effet un dispositif pour retarder le décollement d'une couche limite dans un écoulement d'air sur une paroi, comprenant des orifices formés dans la paroi avec une inclinaison déterminée par rapport à la direction de l'écoulement sur la paroi et par rapport à la surface
30 de la paroi, des conduits reliant ces orifices à des vannes alimentées en air sous pression, et des moyens de commande des vannes en ouverture et

en fermeture, caractérisé en ce que la fréquence des cycles d'ouverture et de fermeture des vannes et la durée d'ouverture des vannes dans chaque cycle sont déterminées pour que des pics de survitesse qui se produisent en sortie des orifices à l'ouverture des vannes, se succèdent de façon
5 quasi-continue.

Cette détermination de la fréquence des cycles d'ouverture et de fermeture des vannes et de la durée d'ouverture des vannes dans chaque cycle permet d'optimiser les conditions de génération des jets pulsés et d'utiliser au mieux les pics de survitesse créés à l'ouverture des vannes,
10 pour se rapprocher des résultats obtenus avec des jets continus, tout en consommant beaucoup moins d'air comprimé.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, la durée d'ouverture des vannes est comprise entre 5 et 10ms environ en fonction de la longueur des conduits. La fréquence du cycle d'ouverture et de
15 fermeture des vannes est de préférence comprise entre 30Hz et 200Hz en fonction de la longueur des conduits.

La pression (en valeur relative) de l'air d'alimentation des orifices est comprise entre 1 et 8 bars environ, le diamètre des orifices étant compris entre 2 et 10mm environ et la longueur des conduits d'alimentation de ces
20 orifices entre 10cm et 1m environ.

Les jets pulsés peuvent être produits par des orifices inclinés de la même façon et dans le même sens par rapport à la surface de la paroi et génèrent alors des tourbillons co-rotatifs (qui tournent dans le même sens).

En variante, les jets pulsés peuvent être produits par des orifices qui
25 sont deux à deux inclinés dans des sens opposés par rapport à la surface de la paroi, et génèrent alors des tourbillons contra-rotatifs (qui tournent dans des sens opposés).

L'invention s'applique en particulier à une aile d'avion ou à une carrosserie de véhicule automobile, l'air comprimé alimentant les orifices
30 précités étant alors prélevé sur un compresseur d'un moteur de l'avion ou

du moteur du véhicule automobile, respectivement, ou sur un compresseur auxiliaire.

De façon générale, l'invention permet d'augmenter d'environ 70 % le frottement de l'air sur la paroi, en aval des orifices précités, tout en consommant, selon les configurations, deux à cinq fois moins d'air environ qu'un dispositif équivalent à jets continus.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, faite à titre d'exemple en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement un écoulement d'air sur une paroi profilée telle qu'une aile d'avion ;
- la figure 2 représente schématiquement les moyens essentiels d'un dispositif selon l'invention ;
- les figures 3 et 4 représentent respectivement des orifices à jets co-rotatifs et contra-rotatifs ;
- la figure 5 est un graphe représentant la variation de la vitesse d'un jet pulsé pendant la durée d'un cycle d'ouverture et de fermeture d'une vanne.
- la figure 6 est un graphe représentant la variation de la vitesse de sortie d'un jet pulsé en fonction du temps dans le dispositif selon l'invention.

En figure 1, on a représenté schématiquement un écoulement d'air 10 sur une paroi profilée 12 telle qu'une aile d'avion avec un décollement de couche limite dans une zone D de l'extrados, ce décollement se traduisant par une réduction de la portance et par une augmentation de la traînée et donc par une dégradation des performances aérodynamiques de l'avion.

Pour retarder ce décollement, le dispositif selon l'invention comprend au moins une rangée d'orifices 14 qui sont formés dans la paroi 12 le long d'une ligne perpendiculaire à l'écoulement 10 et qui sont alimentés en air sous pression par des tubes ou conduits 16 reliés par des électrovannes 18

à une source 20 d'air sous pression, cet air étant prélevé sur un compresseur d'un moteur de l'avion ou sur un compresseur auxiliaire.

Les jets d'air sous pression sortant des orifices 14 génèrent des tourbillons qui ont pour effet d'augmenter le frottement de l'air sur la paroi
5 12 dans la couche limite et donc de retarder le décollement de cette couche limite.

Les études qui ont été faites par divers auteurs sur les dispositifs à jets continus ou à jets pulsés ont montré que de bons résultats pouvaient être obtenus lorsque les tourbillons produits tournent dans le même sens,
10 ce que l'on obtient lorsque les axes des orifices 14 sont inclinés d'un même angle α et dans le même sens par rapport à la paroi 12, comme représenté en figure 3, les tourbillons pouvant également être contra-rotatifs, ce qui est obtenu lorsque les axes des orifices 14 sont inclinés d'un même angle α
15 par rapport à la paroi 12 mais deux à deux dans des sens opposés comme représenté schématiquement en figure 4.

Dans un mode de réalisation préféré, les orifices 14 sont cylindriques à section circulaire, leurs axes sont perpendiculaires à la direction générale de l'écoulement 10 et leur angle d'inclinaison par rapport à la paroi 12 est de 45° .

20 Les vannes 18 sont commandées en ouverture et en fermeture de façon cyclique, par exemple par un système 22 à microprocesseur, pour produire des jets pulsés en sortie des orifices 14. La variation de la vitesse de sortie d'un jet pulsé pendant la durée T d'un cycle d'ouverture et de fermeture de la vanne correspondante, est représentée par la courbe C en
25 figure 5. On voit qu'il se produit un pic de survitesse P au début de l'ouverture de la vanne après quoi la vitesse de sortie du jet oscille et se rapproche d'une valeur V_c qui correspond à la vitesse de sortie d'un jet continu sortant du même orifice alimenté par la même pression d'air, la vitesse s'annulant ensuite quand la vanne est fermée en F à un moment
30 qui correspond à 50% de la durée T du cycle d'ouverture et de fermeture, dans l'exemple représenté.

Au pic P, la vitesse de sortie du jet pulsé est supérieure d'environ 50% à la vitesse V_c d'un jet continu généré dans les mêmes conditions, le pic de survitesse étant probablement dû à un phénomène de résonance dans le tube 16 à l'ouverture de la vanne 18.

5 Selon l'invention, la durée d d'ouverture de la vanne dans un cycle et la fréquence $1/T$ des cycles d'ouverture et de fermeture de la vanne sont déterminées de façon à ce que les pics de survitesse P dans les différents cycles d'ouverture se suivent de façon quasi-continue comme représenté schématiquement en figure 6.

10 Une valeur optimale de d est comprise entre 5 et 10ms, la fréquence des cycles d'ouverture et de fermeture des vannes étant comprise entre 30 et 200Hz.

De façon préférée, la durée d'ouverture des vannes est voisine de 5ms et la fréquence des cycles d'ouverture et de fermeture des vannes est
15 voisine de 70Hz.

La longueur des tubes 16 est choisie pour augmenter la valeur du pic de survitesse P, qui peut atteindre jusqu'à 170 % de la vitesse V_c d'un jet continu produit dans les mêmes conditions, cette longueur de tube étant de façon générale comprise entre 0,1 et 1m environ, le diamètre des
20 orifices 14 étant compris entre 2 et 10mm.

Lorsque les orifices 14 sont alimentés comme représenté schématiquement en figure 6, le débit total d'air comprimé est égal à environ 35% du débit des jets continus à la même pression d'alimentation. Pour une pression (relative) d'alimentation de 2 bars, la vitesse de sortie
25 des jets pulsés atteint une valeur maximale de 70ms. Le gain en frottement dans la couche limite, en aval des orifices 14, est alors de l'ordre de 70%.

REVENDECATIONS

1. Dispositif pour retarder le décollement d'une couche limite dans un écoulement d'air sur une paroi, comprenant des orifices (14) formés dans la paroi (12) avec une inclinaison déterminée par rapport à la direction de l'écoulement (10) sur la paroi et par rapport à la surface de la paroi, des conduits (16) reliant ces orifices à des vannes (18) alimentées en air sous pression, et des moyens de commande des vannes en ouverture et en fermeture, caractérisé en ce que la fréquence des cycles d'ouverture et de fermeture des vannes (18) et la durée d'ouverture des vannes dans chaque cycle sont déterminées pour que des pics de survitesse (P) qui se produisent en sortie des orifices à l'ouverture des vannes, se succèdent de façon quasi-continue.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la durée d'ouverture des vannes est comprise entre 5 et 10ms.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la durée d'ouverture des vannes est d'environ 5ms.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la fréquence des cycles d'ouverture et de fermeture des vannes est comprise entre 30 et 200Hz.

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la fréquence des cycles d'ouverture et de fermeture des vannes est d'environ 70Hz.

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la pression relative de l'air alimentant les orifices (14) est comprise entre 1 et 8 bars environ.

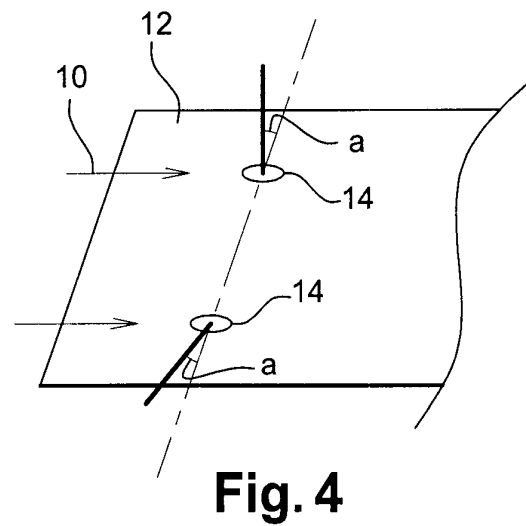
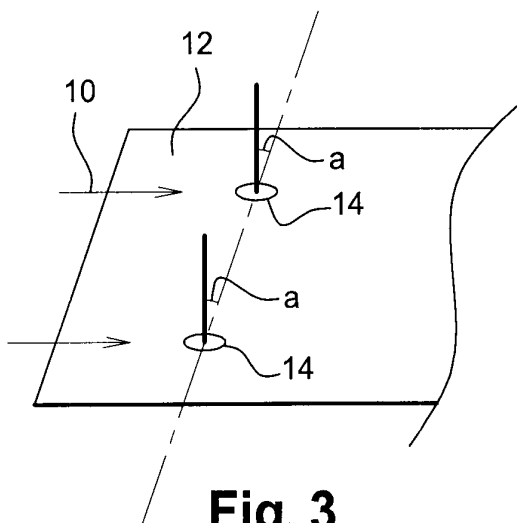
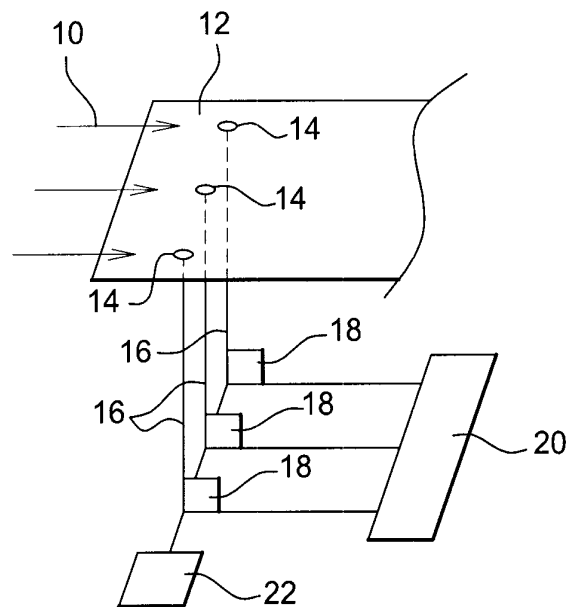
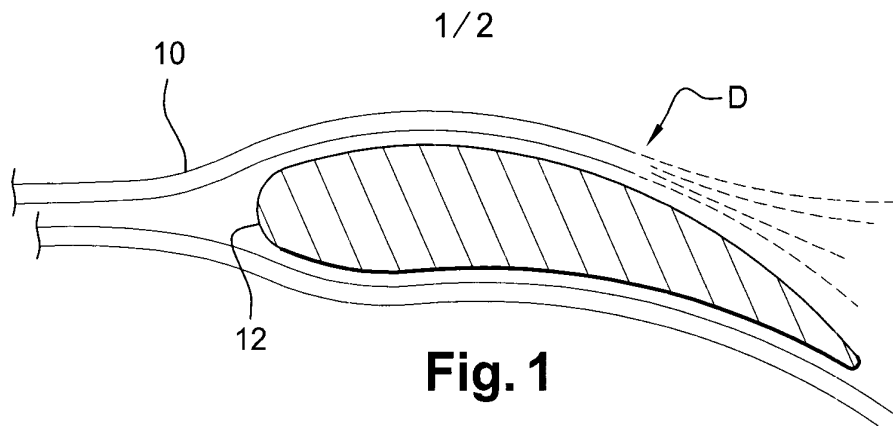
7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le diamètre des orifices (14) est compris entre 2 et 10mm.

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la longueur des conduits (16) reliant les orifices (14) aux vannes (18) est comprise entre 0,1 et 1m.

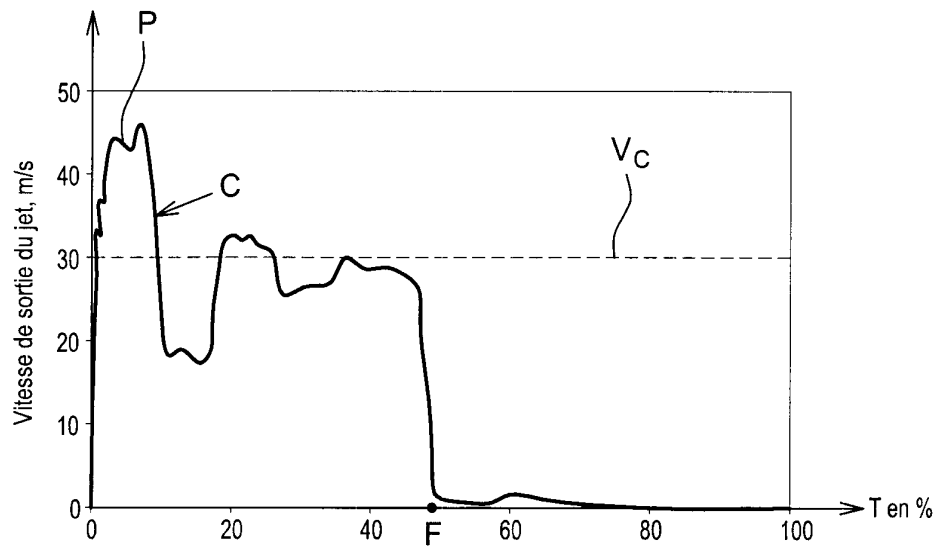
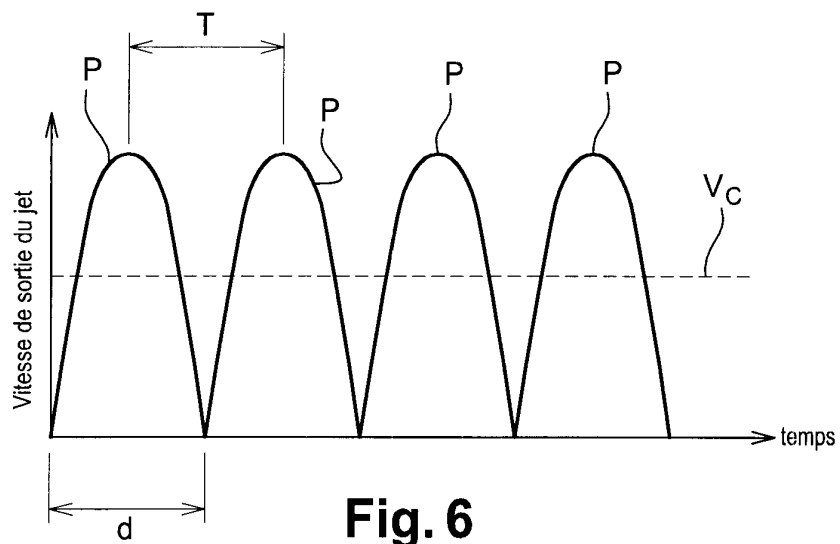
9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les axes des orifices (14) sont inclinés dans le même sens par rapport à la paroi (12) ou sont inclinés deux à deux d'un même angle dans des directions opposées par rapport à la paroi (12).

5 10. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est appliqué à une aile d'avion ou à une carrosserie de véhicule automobile.

10 11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'air comprimé alimentant les orifices (14) de la paroi (12) est prélevé sur le moteur de l'avion ou du véhicule automobile ou est fourni par un compresseur auxiliaire.



2 / 2

**Fig. 5****Fig. 6**

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 686832
FR 0609628

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	EP 1 623 922 A (LOCKHEED CORP [US]) 8 février 2006 (2006-02-08) * alinéas [0006], [0007], [0034] - [0041], [0044], [0049], [0050]; figures 1-4, 6, 10b *	1, 4, 10, 11	F15D1/12 B64C21/04 B62D35/00
A	-----	2, 3, 5-9	
Y	US 6 390 116 B1 (KIM BYUNG-HUN [US] ET AL) 21 mai 2002 (2002-05-21) * colonne 1, ligne 25-46 * * colonne 2, ligne 19-36 * * colonne 2, ligne 51 - colonne 4, ligne 39; figures 1-3 *	1, 4, 10, 11	
A	-----	2, 3, 5-9	
A	US 2005/127245 A1 (HASSAN AHMED A [US] ET AL) 16 juin 2005 (2005-06-16) * alinéas [0018], [0026]; figures 1-5 *	1	
A	A.SEIFERT: "Oscillatory blowing: a tool to delay boundary layer separation" AIAA JOURNAL, vol. 31, no. 11, 11 janvier 1993 (1993-01-11), pages 2052-2060, XP009084220 Reno, NV * le document en entier *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F15D B64C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
29 mai 2007		Busto, Mario	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0609628 FA 686832**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **29-05-2007**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1623922 A	08-02-2006	US 2006022092 A1	02-02-2006
US 6390116 B1	21-05-2002	AUCUN	
US 2005127245 A1	16-06-2005	EP 1704088 A2	27-09-2006
		WO 2005058694 A2	30-06-2005