

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①1 N° de publication : **3 046 557**

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **16 50139**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **B 22 F 5/04** (2016.01), B 33 Y 10/00, B 33 Y 80/00,  
F 01 D 5/18

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤4 PROCÉDE DE FABRICATION D'UN BOUCLIER DE BORD D'ATTAQUE COMPRENANT UNE  
ETAPE DE FABRICATION ADDITIVE ET BOUCLIER DE BORD D'ATTAQUE.

②2 Date de dépôt : 08.01.16.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 14.07.17 Bulletin 17/28.

④5 Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 15.05.20 Bulletin 20/20.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *SNECMA Société anonyme* — FR.

⑦2 Inventeur(s) : *HEBUTERNE DAMIEN, RANCIC  
MICKAEL et SALMON JEROME.*

⑦3 Titulaire(s) : *SAFRAN AIRCRAFT ENGINES Société  
par actions simplifiée.*

⑦4 Mandataire(s) : *CABINET BEAU DE LOMENIE.*

**FR 3 046 557 - B1**



### Arrière-plan de l'invention

[0001] La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un bouclier de bord d'attaque pour une aube en matériau composite. De tels  
5 boucliers de bord d'attaque sont typiquement destinés à protéger les bords d'attaque d'aubes tournantes ou d'aubes directrices contre les impacts. On entend par « aubes », dans ce contexte, tant les aubes de soufflante que les pales d'hélice aérienne.

[0002] Afin de limiter leur poids, ces aubes sont typiquement en  
10 composite à matrice organique, par exemple en polymère, renforcée par des fibres. Bien que ces matériaux présentent des qualités mécaniques généralement très favorables, en particulier par rapport à leur masse, ils présentent une certaine sensibilité aux impacts ponctuels.

[0003] Des boucliers, typiquement en matériau métallique hautement  
15 résistant, comme les alliages de titane, sont donc normalement installés sur les bords d'attaque de telles aubes, afin de les protéger contre ces impacts. Ces boucliers prennent normalement la forme d'une fine ailette intrados et une fine ailette extradados jointes par une partie centrale. Dans cette partie centrale, le bouclier de bord d'attaque est plus épais et  
20 chevauche le bord d'attaque en formant un nez du bouclier de bord d'attaque. L'ensemble épouse la forme de l'aube sur le bord d'attaque et des sections adjacentes de l'intrados et de l'extrados. Les ailettes intrados et extradados s'étendent respectivement sur ces sections de l'intrados et l'extrados de l'aube, et servent principalement à assurer le positionnement  
25 et la fixation du bouclier sur le bord d'attaque.

[0004] Afin d'améliorer les performances aérodynamiques des aubes, leurs bords d'attaque présentent des formes de plus en plus complexes, ce qui complique la fabrication des boucliers devant épouser ces formes ainsi que la solidarisation du bouclier sur l'aube.

[0005] Le bouclier de bord d'attaque peut être usiné directement dans  
30 la masse à partir d'une préforme. Cependant, les boucliers de bord d'attaque étant généralement réalisés en alliage métallique à base de titane, tel que le T6AV, l'usinage du bouclier de bord d'attaque est relativement complexe et entraîne le retrait d'une quantité relativement  
35 importante de matériau. Or, les alliages à base de titane sont relativement

coûteux. Il donc est préférable de réduire la quantité de titane qui est enlevée lors de l'étape d'usinage.

5 [0006] On connaît également du document FR2975734 un procédé de fabrication d'un bouclier de bord d'attaque pour aube de soufflante de turboréacteur dans lequel le bouclier de bord d'attaque est réalisé par assemblage de deux tôles, par exemple par soudage par diffusion, chaque tôles formant une demi section centrale et une ailette du bouclier de bord d'attaque.

10 [0007] Généralement, le soudage par diffusion des deux tôles est accompagné d'un forgeage à chaud du bouclier de bord d'attaque, par exemple par pressage isostatique à chaud. Les ailettes intrados et extrados étant relativement fines, le contrôle de leurs dimensions est relativement difficile lors de l'étape de forgeage à chaud.

#### 15 Objet et résumé de l'invention

[0008] Le présent exposé vise à remédier au moins en partie à ces inconvénients.

20 [0009] A cet effet, le présent exposé concerne un procédé de fabrication d'un bouclier métallique de bord d'attaque pour une aube en composite à matrice organique renforcée par des fibres, comprenant les étapes suivantes :

- 25 - mise en forme à chaud d'une feuille métallique de sorte à former un profil général en « U », une première aile du « U » formant une ailette intrados et une deuxième aile du « U » formant une ailette extrados, l'ailette intrados et l'ailette extrados étant reliées par une partie centrale ;
- 30 - dépôt d'au moins une couche métallique pour former un nez du bouclier de bord d'attaque, le dépôt étant réalisé par un procédé de fabrication additive par fusion de la partie centrale par un faisceau laser et par projection d'un faisceau de poudre métallique sur la partie centrale fondue du bouclier de bord d'attaque.

35 [0010] Les ailettes intrados et extrados reliées par une partie centrale étant obtenues par mise en forme à chaud d'une feuille métallique, la

feuille métallique en forme de « U » comporte donc deux ailettes dépourvues de soudure, notamment dans la partie centrale.

[0011] La mise en forme à chaud, c'est-à-dire à une température supérieure à la température ambiante, permet une déformation plus facile  
5 de la feuille métallique. Par exemple, la feuille métallique peut être chauffée à une température comprise entre 750 et 950°C.

[0012] Le nez du bouclier de bord d'attaque est réalisé par fabrication additive par projection laser, dans le cas présent, une fabrication directe par projection laser. Ce procédé de fabrication additive est un procédé  
10 dans lequel on génère une interaction entre une poudre métallique projetée et un faisceau laser coaxial. Le faisceau laser peut également ne pas être coaxial. La poudre projetée interagit avec le faisceau laser et alimente un bain liquide métallique formé par le laser sur le substrat et entraîne la formation d'une couche de matière à chaque passage du  
15 faisceau laser et du faisceau de poudre métallique.

[0013] Par ailleurs, l'épaisseur du bain liquide métallique est supérieure à l'épaisseur de la couche métallique déposée. Ainsi, lors du dépôt d'une couche métallique, la couche métallique précédemment déposée est  
20 refondue au moins partiellement. Cela permet une homogénéisation entre les couches métalliques déposées successivement. Par exemple, l'épaisseur du bain liquide métallique peut être supérieure à 200 µm et/ou l'épaisseur du bain liquide métallique peut être inférieure à 700 µm.

[0014] Chaque couche métallique est déposée sur la partie centrale du bouclier de bord d'attaque de sorte que, couche après couche, la partie  
25 centrale du bouclier de bord d'attaque est parcourue par le faisceau laser.

[0015] La poudre métallique peut avoir une composition chimique compatible avec la composition chimique de la feuille métallique.

[0016] La poudre métallique fondue se mélange ainsi facilement avec le bain liquide métallique de la feuille métallique.

[0017] Le bouclier de bord d'attaque peut être en alliage à base de titane, tel par exemple le T6AV. On entend par alliage à base de titane, des alliages dont la teneur massique en titane est majoritaire. On  
30 comprend que le titane est donc l'élément dont la teneur massique dans l'alliage est la plus élevée. L'alliage à base de titane a par exemple une teneur massique d'au moins 50% de titane, de préférence d'au moins  
35 70% de titane, encore plus préférentiellement d'au moins 80% de titane.

[0018] Le bouclier de bord d'attaque peut également être en acier ou en alliage métallique communément désigné par la marque déposée Inconel™. On parle par la suite d'Inconel pour désigner un alliage à base de fer alliés avec du nickel et du chrome.

5 [0019] La feuille métallique peut avoir une épaisseur inférieure ou égale à 3 mm, de préférence inférieure ou égale à 2 mm, encore plus de préférence inférieure ou égale à 1.5 mm.

[0020] Cette épaisseur de la feuille métallique permet une mise en forme relativement facile de la feuille métallique.

10 [0021] On peut déposer au moins deux couches métalliques, chaque couche métallique étant déposée par un balayage de la partie centrale par le faisceau laser selon une direction donnée.

[0022] La partie centrale étant balayée par le faisceau laser selon une direction donnée, le dépôt de la couche métallique est régulier et  
15 uniforme.

[0023] La direction donnée de balayage peut être différente pour deux couches métalliques consécutives déposées sur la partie centrale.

[0024] Cela permet une uniformité améliorée du nez de bouclier. On peut également réduire le risque de formation de zones dans lesquelles les  
20 interfaces entre deux couches métalliques consécutives ne sont pas refondues et dans lesquelles l'homogénéisation entre deux couches métalliques consécutives n'est pas optimale.

[0025] Les directions données de balayage pour deux couches métalliques consécutives déposées sur la partie centrale peuvent être  
25 orthogonales.

[0026] Lors du balayage, le faisceau laser peut être déplacé d'un pas inférieur à 2 mm, de préférence inférieur à 1.5 mm.

[0027] L'épaisseur de chaque couche métallique déposée peut être supérieure à 150 µm, de préférence supérieure à 200 µm, encore plus de  
30 préférence supérieure à 250 µm et inférieure à 600 µm, de préférence inférieure à 550 µm, encore plus de préférence inférieure à 500 µm.

[0028] La vitesse de déplacement du faisceau laser est supérieure à 0.5 m/min, de préférence supérieure à 0.7 m/min, encore plus de préférence supérieure à 0.9 m/min.

35 [0029] Le diamètre équivalent de la poudre métallique est inférieur à 200 µm, de préférence inférieur à 150 µm.

[0030] Le procédé peut comporter également une étape de polissage laser du nez du bouclier métallique de bord d'attaque.

[0031] Cette étape de polissage laser est réalisée au moyen du faisceau laser seul. Aucune poudre métallique n'est projetée sur la partie centrale pendant cette étape. Cette étape permet donc de refondre la surface extérieure du nez du bouclier de bord d'attaque afin notamment d'homogénéiser la dernière couche métallique déposée.

[0032] Le présent exposé concerne également un bouclier métallique de bord d'attaque comportant une ailette intrados et une ailette extrados obtenues par emboutissage d'une feuille métallique de sorte à former un profil général en « U », une première aile du « U » formant l'ailette intrados et une deuxième aile du « U » formant l'ailette extrados et un nez obtenu par un procédé de fabrication additive par projection laser sur une partie centrale reliant l'ailette intrados et l'ailette extrados.

[0033] Le présent exposé concerne aussi un turboréacteur comprenant au moins une aube comportant un bouclier métallique de bord d'attaque tel que définit précédemment.

#### Brève description des dessins

20

[0034] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante de modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux figures annexées, sur lesquelles :

- 25 – la figure 1 est une vue schématique en perspective d'un turboréacteur à double flux ;
- la figure 2 est une vue schématique en perspective du côté intrados d'une aube tournante de la soufflante du turboréacteur de la figure 1 ;
- 30 – la figure 3 est une vue en coupe du bouclier métallique de bord d'attaque de la figure 2 selon le plan de coupe III-III ;
- les figures 4A et 4B sont des vues en coupe de deux outils de mise en forme à chaud d'une feuille métallique ;
- la figure 5 est une vue en perspective de la feuille métallique en
- 35 forme de « U » ;

- la figure 6 une vue en coupe d'un dispositif de dépôt de couche par fabrication additive par projection laser ;
- les figures 7 et 8 sont des vue en coupe du bouclier métallique de bord d'attaque de la figure 5 selon le plan de coupe VII-VII, après dépôt respectivement de deux et de six couches métalliques ;
- la figure 9 illustre deux directions de balayage pour deux couches métalliques consécutives déposées sur la partie centrale du bouclier métallique de bord d'attaque ;
- la figure 10 est une vue en coupe du bouclier métallique de bord d'attaque de la figure 5 selon le plan de coupe VII-VII, après polissage au laser du nez du bouclier métallique de bord d'attaque.

#### Description détaillée de l'invention

15

[0035] La figure 1 illustre un turboréacteur à double flux 10 comprenant un groupe générateur de gaz 12 et une soufflante 14. Cette soufflante 14 comprend une pluralité d'aubes tournantes 16, arrangées radialement autour d'un axe central X, et profilées aérodynamiquement de manière à impulser l'air par leur rotation.

20

[0036] Ainsi, comme illustré sur la figure 2, chaque aube 16 présente un bord d'attaque 18, un bord de fuite 20, un intrados 22, un extrados 24, une tête d'aube 26 et un pied d'aube 28. L'aube 16 comprend également un corps d'aube 30 en matériau composite, notamment à matrice organique, par exemple en polymère, renforcée par des fibres. Le bord d'attaque 18 étant particulièrement exposé aux impacts, le bord d'attaque 18 est protégé par un bouclier de bord d'attaque 32 intégré à chaque aube. En d'autres termes, le bouclier de bord d'attaque 32 est assemblé sur le corps d'aube 30.

25

[0037] Le bouclier de bord d'attaque 32 est fabriqué en un matériau ayant une meilleure résistante aux impacts ponctuels que le matériau composite du corps d'aube 30. Le bouclier de bord d'attaque 32 est métallique, et plus spécifiquement en alliage à base de titane, comme par exemple le TA6V (Ti-6Al-4V). Le bouclier de bord d'attaque 32 pourrait également être en acier ou en Inconel.

35

[0038] Comme cela est représenté sur les figures 2 et 3, le bouclier de bord d'attaque 32 comporte une ailette intrados 34, une ailette extrados 36 jointe par un nez 38 plus épais que les ailettes intrados et extrados 34, 36. Le nez 38 est destiné à chevaucher un bord du corps d'aube 30 et relie l'ailette intrados 34 et l'ailette extrados 36. Le bouclier de bord d'attaque 32 a donc un profil général en « U », les ailes du « U » formant les ailettes intrados 34 et extrados 36. Les ailettes intrados et extrados 34, 36 assurent le positionnement du bouclier 32 sur le corps d'aube 30 en reposant sur des sections adjacentes de l'intrados 22 et de l'extrados 24.

5  
10 [0039] La longueur de l'ailette intrados 34 peut être égale à la longueur de l'ailette extrados. Les longueurs des deux ailettes intrados et extrados peuvent également être différentes. Sur la figure 3, la longueur de l'ailette intrados 34 est supérieure à la longueur de l'ailette extrados 36.

15 [0040] Le procédé de fabrication du bouclier de bord d'attaque 32 va être décrit.

[0041] La figure 4A représente une feuille métallique 40 ayant une épaisseur de 1 mm et disposée dans un outil de mise en forme à chaud 42 comportant une matrice 44 et un contre-moule 46. L'outil de mise en forme à chaud 42 est mis sous vide. La feuille métallique 40, dans cet exemple en alliage à base de titane, comme par exemple le TA6V, est ensuite chauffée par l'outil de mise en forme 42, par exemple à une température proche du transus  $\beta$  du TA6V. En effet, la forme  $\beta$  de cet alliage est plus facile à déformer.

20  
25 [0042] Une fois la feuille métallique 40 à la température désirée, un gaz sous pression vient plaquer la feuille métallique 40 contre la matrice 44 de sorte à former un profil général en « U » de la feuille métallique 40. La feuille métallique en forme générale de « U » est ensuite refroidie à température ambiante et est sortie de l'outil de mise en forme à chaud 42. On obtient donc une feuille métallique dont le profil général est en « U », comme cela est représenté sur la figure 5.

30  
35 [0043] La figure 4B représente une feuille métallique 40 disposée dans un outil de mise en forme à chaud 42 comportant une matrice 44 et un poinçon 50. Comme précédemment décrit, l'outil de mise en forme à chaud 42 est mis sous vide et la feuille métallique 40 ensuite chauffée par l'outil de mise en forme 42. Une fois la feuille métallique 40 à la

température désirée, le poinçon 50 vient plaquer la feuille métallique 40 contre la matrice 44 de sorte à former un profil général en « U » de la feuille métallique 40 La feuille métallique en forme générale de « U » est ensuite refroidie à température ambiante et est sortie de l'outil de mise en  
5 forme à chaud 42. On obtient donc une feuille métallique dont le profil général est en « U », comme cela est représenté sur la figure 5.

[0044] Sur la figure 5, la feuille métallique 40 comporte une ailette intrados 34, une ailette extradados 36 reliées entre elles par une partie centrale 48. On constate également que la feuille métallique 40 est  
10 cambrée, c'est-à-dire que la partie centrale 48 n'est pas rectiligne.

[0045] La figure 6 représente une vue en coupe d'un dispositif 52 de dépôt de couche métallique par fabrication additive par projection laser. Ce dispositif 52 comporte une buse 54 permettant de projeter un faisceau de poudre métallique 56 sur une surface 58 d'un corps métallique 60. La  
15 surface 58 est balayée par un faisceau laser 62. Sur la figure 6, le faisceau laser 62 et le faisceau de poudre métallique 56 sont coaxiaux.

[0046] Le faisceau laser 62 crée un bain de liquide métallique 64 faisant fondre le métal du corps métallique 60 sur une épaisseur H. La poudre métallique 56 qui est projetée par la buse interagit avec le faisceau  
20 laser 62 sur une distance D et alimente le bain de liquide métallique 64 de sorte à former, à chaque passage, une couche métallique 66 d'épaisseur E.

[0047] Du fait que l'épaisseur H du bain liquide métallique 64 est supérieure à l'épaisseur E de chaque couche métallique 66 déposée, lors  
25 du dépôt d'une couche métallique 66, la couche métallique 66 précédemment déposée est refondue au moins partiellement. Cela permet une homogénéisation entre les couches métalliques 66 déposées successivement. On comprend donc que les séparations entre les différentes couches métalliques 66 déposées ne sont représentées sur la  
30 figure 6 que pour la compréhension du fonctionnement du procédé de fabrication additive. En pratique, les séparations entre deux couches métalliques 66 déposées s'atténuent à chaque passage du faisceau laser 62.

[0048] La figure 7 représente le bouclier de bord d'attaque 32 après le  
35 dépôt de deux couches métalliques 66 sur la partie centrale 48 de la

feuille métallique 40 pour former le nez 38 du bouclier de bord d'attaque 32.

5 [0049] Dans cet exemple, la poudre métallique 56 pulvérisée sur la feuille métallique 40 a la même composition chimique que la feuille métallique 40. La poudre métallique 56 pulvérisée peut également être différente de la composition chimique de la feuille métallique 40 et présenter une composition chimique compatible avec la composition chimique de la feuille métallique 40.

10 [0050] La figure 8 représente le bouclier de bord d'attaque 32 après le dépôt de six couches métalliques 66 sur la partie centrale 48 de la feuille métallique 40 pour former le nez 38 du bouclier de bord d'attaque 32.

15 [0051] La figure 9 illustre deux directions de balayage pour deux couches métalliques 66 consécutives déposées sur la partie centrale 48 du bouclier de bord d'attaque 32. Une première direction est représentée en trait plein et une deuxième direction est représentée en traits discontinus. Sur la figure 9, les deux directions de balayage sont orthogonales. Le pas de balayage P, c'est-à-dire la distance entre deux balayages du faisceau laser 62 pour le dépôt d'une couche métallique 66 donnée, est égale entre chaque balayage. Sur la figure 9, le pas de balayage P est identique d'une  
20 couche métallique 66 à l'autre.

[0052] Par exemple, la puissance du faisceau laser 62 est de 550 W, le gaz utilisé pour projeter la poudre métallique 6 est de l'argon, la vitesse de balayage du faisceau laser est de 1 m/min, le pas entre deux balayages selon une direction donnée est de 1 mm et l'épaisseur E des couches  
25 métalliques déposée est comprise entre 300 et 400  $\mu\text{m}$ .

[0053] Le nez 38 du bouclier de bord d'attaque est réalisé dans cet exemple en déposant sept couches métalliques 66.

[0054] Comme cela est représenté sur les figures 7 et 8, la surface de la couche métallique 66 qui vient d'être déposée n'est pas lisse.

30 [0055] La figure 10 représente le bouclier de bord d'attaque 32 après l'étape de polissage laser du nez 38 du bouclier de bord d'attaque 32.

[0056] Cette étape de polissage laser est réalisée au moyen du faisceau laser 62 seul. Aucune poudre métallique n'est projetée sur la partie centrale 48 pendant cette étape. Cette étape permet donc de  
35 refondre la surface extérieure du nez 38 du bouclier de bord d'attaque 32 afin notamment d'homogénéiser la dernière couche métallique 66 déposée

avec les couches métalliques 66 déposées précédemment et de lisser la surface du nez 38 du bouclier de bord d'attaque 32.

[0057] Le bouclier de bord d'attaque 32 peut ensuite être cambré et/ou vrillé de sorte à pouvoir se conformer à la forme du corps d'aube 30.

- 5 [0058] Quoique le présent exposé ait été décrit en se référant à un exemple de réalisation spécifique, il est évident que des différentes modifications et changements peuvent être effectués sur ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications. En outre, des caractéristiques individuelles des différents
- 10 modes de réalisation évoqués peuvent être combinées dans des modes de réalisation additionnels. Par conséquent, la description et les dessins doivent être considérés dans un sens illustratif plutôt que restrictif.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un bouclier métallique de bord d'attaque (32) pour une aube (16) en composite à matrice organique renforcée par des fibres, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- mise en forme à chaud d'une feuille métallique (40) de sorte à former un profil général en « U », une première aile du « U » formant une ailette intrados (34) et une deuxième aile du « U » formant une ailette extrados (36), l'ailette intrados (34) et l'ailette extrados (36) étant reliées par une partie centrale (48) ;
  - dépôt d'au moins une couche métallique (66) pour former un nez (38) du bouclier de bord d'attaque (32), le dépôt étant réalisé par un procédé de fabrication additive par fusion de la partie centrale (48) par un faisceau laser (62) et par projection d'un faisceau de poudre métallique (56) sur la partie centrale (48) fondue du bouclier de bord d'attaque (32).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on dépose au moins deux couches métalliques (66), chaque couche métallique (66) étant déposée par un balayage de la partie centrale (48) par le faisceau laser (62) selon une direction donnée.
3. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel la direction donnée de balayage est différente pour deux couches métalliques (66) consécutives déposées sur la partie centrale (48).
4. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel les directions données de balayage pour deux couches métalliques (66) consécutives déposées sur la partie centrale (48) sont orthogonales.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans lequel lors du balayage, le faisceau laser (62) est déplacé d'un pas (P) inférieur à 2 mm, de préférence inférieur à 1.5 mm.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'épaisseur (E) de chaque couche métallique (66) déposée est supérieure à 150  $\mu\text{m}$ , de préférence supérieure à 200  $\mu\text{m}$ , encore plus de préférence supérieure à 250  $\mu\text{m}$  et inférieure à 600  $\mu\text{m}$ , de préférence inférieure à 550  $\mu\text{m}$ , encore plus de préférence inférieure à 500  $\mu\text{m}$ .

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la vitesse de déplacement du faisceau laser (62) est supérieure à 0.5 m/min, de préférence supérieure à 0.7 m/min, encore plus de préférence supérieure à 0.9 m/min.

5 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant également une étape de polissage au laser du nez (38) du bouclier métallique de bord d'attaque (32).

10 9. Bouclier métallique de bord d'attaque (32) pour une aube (16), caractérisé en ce que le bouclier de bord d'attaque (32) comporte une ailette intrados (34) et une ailette extrados (36) obtenues par emboutissage d'une feuille métallique (40) de sorte à former un profil général en « U », une première aile du « U » formant l'ailette intrados (34) et une deuxième aile du « U » formant l'ailette extrados (36) et un nez (38) obtenu par un procédé de fabrication additive par projection laser  
15 sur une partie centrale (48) reliant l'ailette intrados (34) et l'ailette extrados (36).

10. Turboréacteur (10) comprenant au moins une aube (16) comportant un bouclier métallique de bord d'attaque (32) selon la revendication 9.

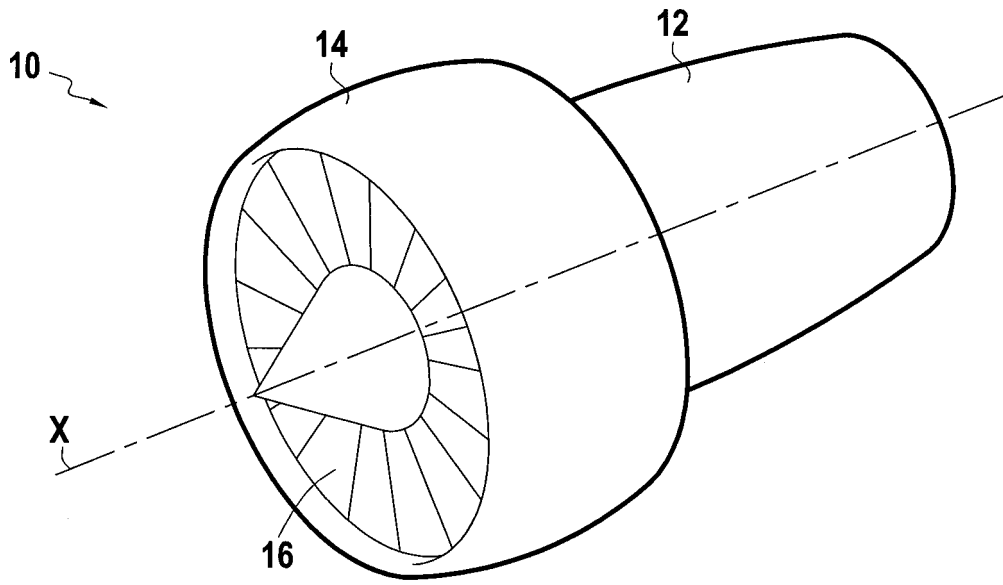


FIG. 1

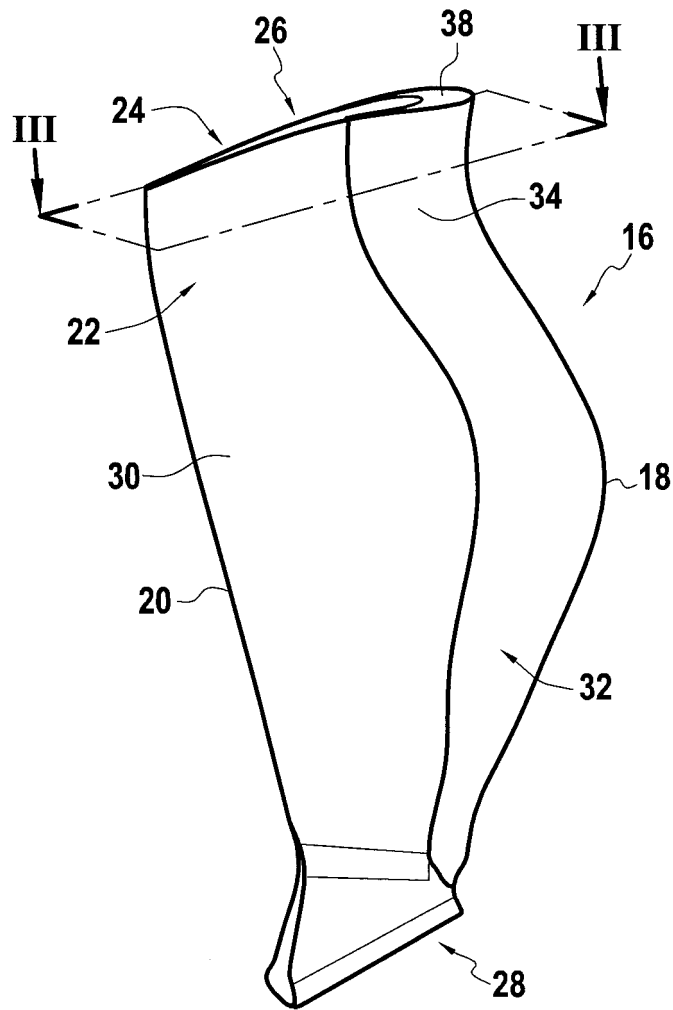
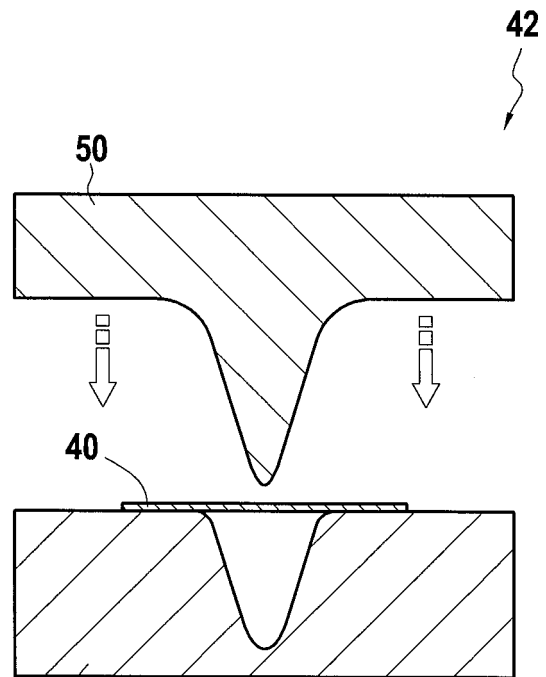
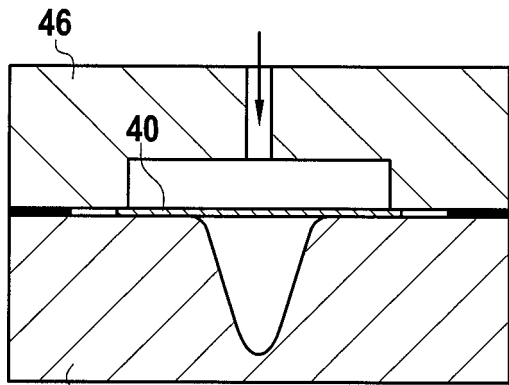
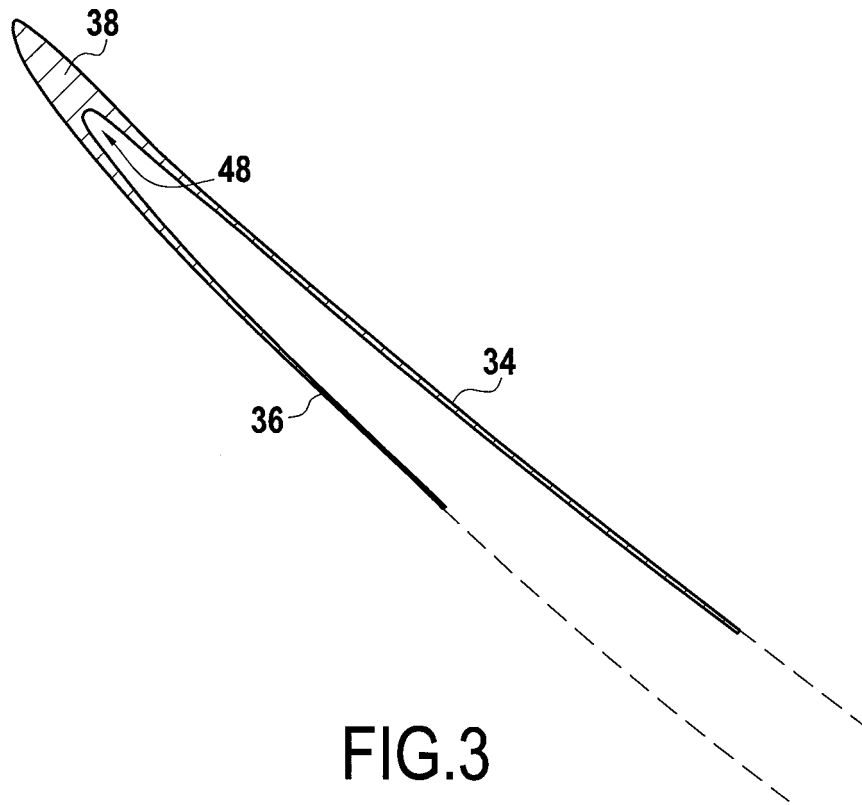
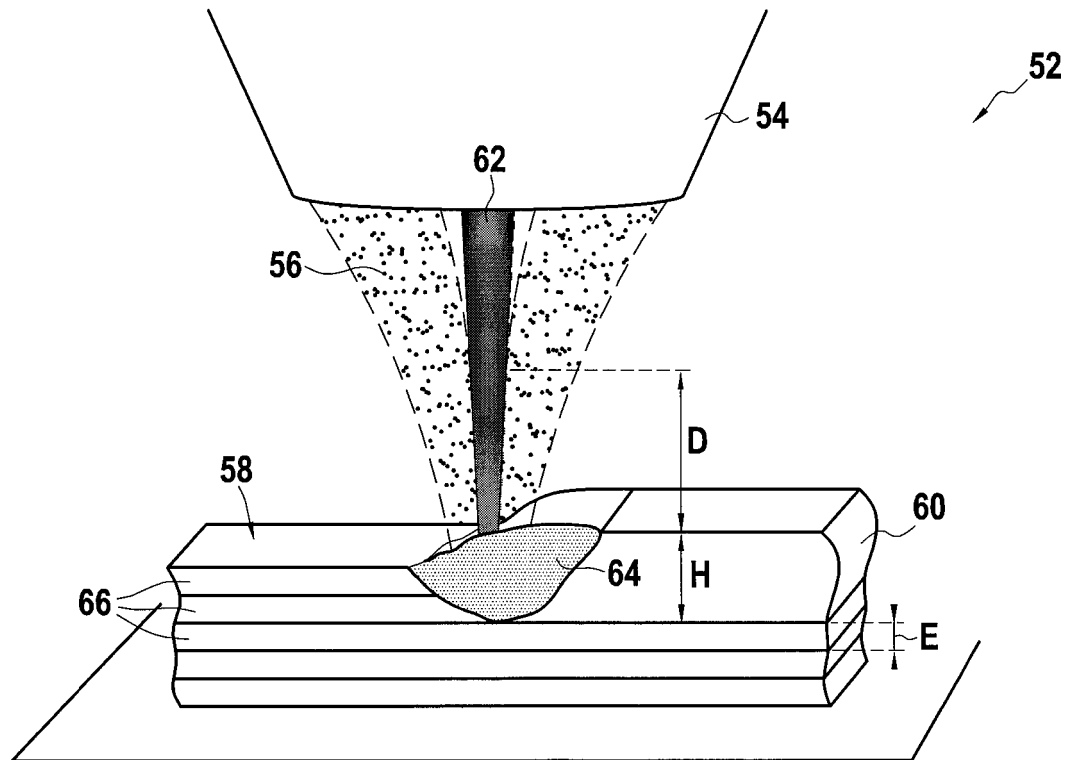
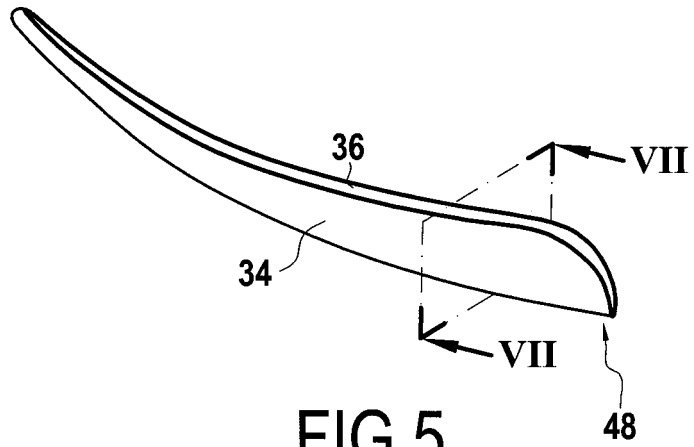


FIG. 2



3/4



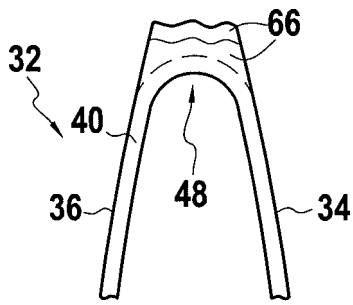


FIG. 7

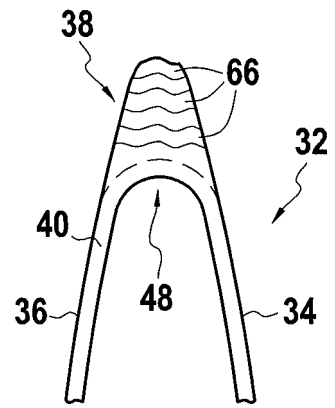


FIG. 8

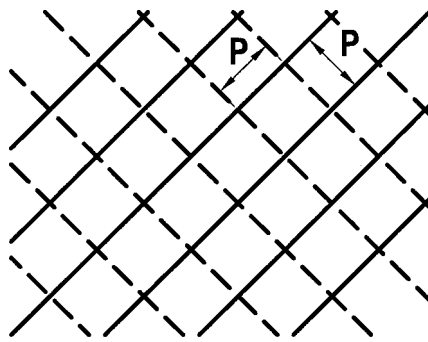


FIG. 9

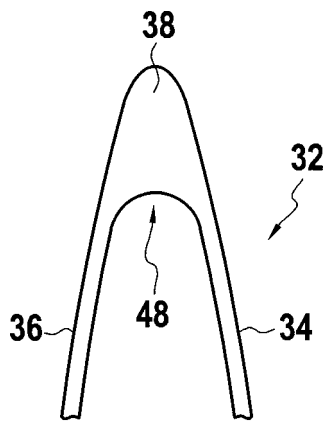


FIG. 10

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

EP 2 586 972 A2 (WHITCRAFT LLC [US]) 1 mai 2013 (2013-05-01)

US 2012/233859 A1 (CATTIEZ BERNARD JOSE MICHEL [FR] ET AL) 20 septembre 2012 (2012-09-20)

US 2012/301292 A1 (DEAL JAMES L [US] ET AL) 29 novembre 2012 (2012-11-29)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN  
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND  
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT