

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

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2021/156559 A1**

(43) Date de la publication internationale  
12 août 2021 (12.08.2021)

(51) Classification internationale des brevets :  
*F01D 5/14* (2006.01)      *F01D 5/22* (2006.01)  
*F01D 5/16* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2021/050162

(22) Date de dépôt international :  
28 janvier 2021 (28.01.2021)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
2001224      07 février 2020 (07.02.2020)      FR

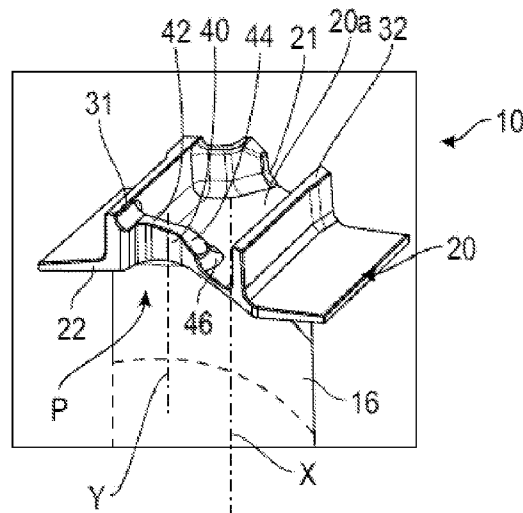
(71) Déposant : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR/FR] ;  
2 boulevard du Général Martial Valin, 75015 PARIS (FR).

(72) Inventeurs : **MALLAT-DESMORTIERS, Jean-Philippe** ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété, Intellectuelle, Rond-point René Ravaud, Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **JEANTY, Peter Shamma** ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété, Intellectuelle, Rond-point René Ravaud, Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **DELCOIGNE, Eric Jacques** ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété, Intellectuelle, Rond-point René Ravaud, Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **GARREAU, Edouard Emmanuel** ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété, Intellectuelle, Rond-point René Ravaud, Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **TSASSIS, Thomas** ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété, Intellectuelle, Rond-point René Ravaud, Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **JUGE, Samuel Laurent Noël Mathieu** ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété, Intellectuelle, Rond-point René Ravaud, Réau,

(54) Title: VANE FOR AN AIRCRAFT TURBINE ENGINE

(54) Titre : AUBE DE TURBOMACHINE D'AERONEF

[Fig.4]



(57) **Abstract:** Disclosed is a rotor vane (10) for an aircraft turbine engine, this vane comprising a blade (16) extending between an inner platform (19) and an outer platform (20) which carries at least one projecting lip (31, 32), the blade having a lower surface (16a) and an upper surface and the outer platform comprising, on the side of the lower and upper surfaces, lateral edges (21, 22) configured to cooperate in a form-fitting manner with complementary lateral edges (22, 21) of adjacent vanes, these lateral edges each comprising an anti-wear coating (36), one of these lateral edges forming a hollow tip (P) comprising a bowl (38) for receiving the coating and further comprising a first concave cylindrical surface portion (40), the geometric dimensions of which are optimised to limit the risk of cracks appearing when the coating is applied.

(57) **Abrégé :** Aube de rotor (10) pour une turbomachine d'aéronef, cette aube comportant une pale (16) s'étendant entre une plateforme interne (19) et une plateforme externe (20) qui porte au moins une léchette (31, 32) en saillie, ladite pale comportant un intrados (16a) et un extrados et ladite plateforme externe comportant, du côté desdits intrados et extrados, des bords latéraux (21, 22) configurés pour coopérer par complémentarité avec des bords latéraux (22, 21) complémentaires d'aubes adjacentes, ces bords latéraux comportant



WO 2021/156559 A1

77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **DESBOIS, Lucas Geoffrey** ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété, Intellectuelle, Rond-point René Ravaut, Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

(74) **Mandataire : BARBE, Laurent** et al. ; GEVERS & ORES, Immeuble Palatin 2, 3 Cours du Triangle, CS 80165, 92939 PARIS LA DEFENSE CEDEX (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (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))

---

chacun un revêtement (36) anti-usure, un de ces bords latéraux formant une pointe en creux (P) comportant une cuvette (38) de réception dudit revêtement et comportant en outre une première portion de surface cylindrique concave (40) dont les dimensions géométriques sont optimisées pour limiter le risque d'apparition de criques lors du dépôt dudit revêtement.

## DESCRIPTION

### TITRE : AUBE DE TURBOMACHINE D'AERONEF

#### 5 **Domaine technique de l'invention**

La présente invention se rapporte au domaine général des aubes pour une turbomachine d'aéronef.

#### **Arrière-plan technique**

10 L'arrière-plan technique comprend notamment les documents FR-A1-3 077 600, US-B1-6,491,498, WO-A1-2014/118456, FR-A1-2 967 714 et US-A1-2019/309638. Classiquement, une turbine axiale de turbomachine se compose d'une succession d'étages axiaux (selon l'axe de circulation des flux de gaz) disposés en série. Chaque étage comporte une roue mobile à aubes formant rotor et un distributeur  
15 aubagé formant stator. La roue mobile est mise en rotation en vis-à-vis du distributeur correspondant.

Dans la présente demande, l'amont et l'aval sont définis par rapport au sens d'écoulement normal des flux d'air (de l'amont vers l'aval) à travers la turbomachine. On appelle "axe de la turbomachine", l'axe de rotation du rotor principal de la  
20 turbomachine. La direction axiale correspond à la direction de l'axe de la turbomachine, et une direction radiale est une direction perpendiculaire à l'axe de la turbomachine et coupant cet axe. De même, un plan axial est un plan contenant l'axe de la turbomachine, et un plan radial est un plan perpendiculaire à cet axe. Les adjectifs "intérieur" et "extérieur" sont utilisés en référence à une direction radiale  
25 de sorte que la partie intérieure d'un élément est, suivant une direction radiale, plus proche de l'axe de la turbomachine que la partie extérieure du même élément. L'axe d'empilement d'une aube est l'axe perpendiculaire à l'axe de la turbomachine, qui passe par le centre de gravité de la section la plus intérieure de la pale de l'aube (i.e., la section la plus proche de l'axe de la turbomachine). Typiquement, une aube  
30 de turbomachine comprend une pale s'étendant suivant l'axe d'empilement de l'aube, entre les extrémités proximale et distale (i.e., intérieure et extérieure) de l'aube.

La roue mobile est classiquement constituée d'un disque annulaire centré sur l'axe de rotation de la roue, sur lequel sont fixées une pluralité d'aubes.

Un exemple d'aube est représenté sur la figure 1. Une aube de ce type est décrite dans le document FR-A1-2 985 759. Cette aube 10 comprend une pale 16 s'étendant suivant l'axe d'empilement X de l'aube, entre les extrémités proximale 10A et distale 10B de l'aube 10. A son extrémité proximale 10A, l'aube comprend une plateforme 19 et un pied 12 par lequel elle est fixée au disque (non représenté). A son extrémité distale 10B, l'aube 10 présente un talon 14. Lorsque plusieurs aubes 10 sont fixées sur le disque, leurs talons 14 sont disposés bord à bord de manière à former une couronne circonférentielle délimitant une surface de révolution autour de l'axe A de rotation de la roue. Cette couronne a notamment pour fonction de délimiter la surface extérieure de la veine d'écoulement des flux de gaz circulant entre les pales 16 et de limiter les fuites de gaz au niveau de l'extrémité distale 10B des aubes 10.

Le talon 14 comprend une plateforme 20 délimitant extérieurement la veine d'écoulement du gaz circulant entre les pales 16, et présentant des bords latéraux 21, 22 opposés. La plateforme 20 comporte une partie amont 24 appelée « becquet amont » et une partie aval 28 appelée « becquet aval ». Le talon 14 comprend également des léchettes d'étanchéité amont 31 et aval 32 s'étendant radialement vers l'extérieur à partir de la face extérieure de la plateforme 20. Ces léchettes ont une orientation générale circonférentielle ou transversale par rapport à l'axe de rotation de la roue. Chacun des bords latéraux 21, 22 de la plateforme présente, entre les léchettes amont 31 et aval 32, un profil sensiblement en « Z ».

Lorsque plusieurs aubes 10 sont fixées sur le disque, les léchettes amont 31 et aval 32 sont disposées bord à bord de manière à former un anneau rotatif d'axe A, cet anneau étant contenu sensiblement dans un plan radial. Un tel anneau a notamment pour fonction de limiter le jeu existant entre les aubes 10 et un carter (non représenté) qui entoure les aubes 10 afin de limiter les fuites de gaz à cet endroit. Ce carter porte un revêtement annulaire abradable qui peut coopérer par frottement avec les léchettes des aubes afin de limiter ces fuites par effet labyrinthe. Dans le but d'amortir les vibrations auxquelles les aubes 10 sont soumises en fonctionnement, les aubes 10 sont montées sur leur disque avec une contrainte de torsion autour de leur axe d'empilement X. La géométrie des talons 14 est telle que

chaque aube 10 est mise en contrainte de torsion par appui sur les aubes 10 voisines principalement le long d'une face latérale 34 de la partie intrados de la léchette amont 31 et une face latérale de la partie extrados de la léchette amont 31 de l'aube 10 voisine. Les faces latérales 34 définissent des surfaces de contact  
5 inter-aubes et sont le lieu de frottements importants lors du fonctionnement de la turbomachine. Pour être protégées contre l'usure, les faces latérales 34, sont munies d'un revêtement ou insert en matériau résistant aux frottements. Il peut, par exemple, s'agir d'un matériau commercialisé sous la dénomination Stellite. Ce revêtement anti-usure 36 est mieux visible à la figure 2.

10 Classiquement, ce revêtement 36 anti-usure est déposé sur les faces latérales 34 par soudure, par exemple par soudure à la goutte, impliquant la création d'un arc électrique pour la fusion de la matière. Il s'agit souvent d'une opération manuelle, l'alliage de type Stellite® étant sous forme d'une goutte liquide lors du dépôt.

L'alliage Stellite® est un alliage d'acier à haute teneur en chrome (Cr) et en cobalt  
15 (Co). Il peut aussi contenir une petite quantité de tungstène (W) ou de molybdène (Mo) et une petite quantité de carbone (C). L'alliage Stellite® n'est pas forgeable et doit être soit moulé, soit fixé par soudure sur un objet dont il forme une partie ou auquel il est inséré.

Les bords latéraux de la plateforme externe d'une aube sont configurés pour  
20 coopérer par complémentarité de formes avec les bords latéraux complémentaires des aubes adjacentes, et comportent chacun un revêtement anti-usure du type précité.

Dans une configuration particulière, l'un des bords latéraux forme une pointe en creux P et est configuré pour recevoir une pointe en saillie d'un des bords latéraux  
25 d'une aube adjacente. Cette pointe en creux P comporte une cuvette 38 de réception du revêtement anti-usure 36. Cette pointe en creux P comporte en outre une première portion 40 de surface cylindrique concave qui est formée en partie dans la plateforme externe 20 et en partie dans un muret 42 qui est en saillie sur cette plateforme et qui est relié à la léchette 31 (figure 2).

30 Dans cette configuration, le dépôt du revêtement anti-usure 36 est très problématique. En effet, avec la technique actuelle, les opérations de dépôt du Stellite® via soudage entraîne des criques proches du Stellite®, qui sont non acceptables et augmentent le taux de rebuts des aubes. Cela provient de plusieurs

raisons : les revêtements sont localisés dans des confinements géométriques qui rendent l'opération de soudage difficile (accès et visibilité réduite). De plus, un apport de chaleur très local dans une zone de confinement géométrique se traduit par des contraintes locales importantes. Enfin, l'opération de soudage est manuelle, ce qui la rend très dépendante des facteurs humains.

Il existe donc un besoin pour ce type de configuration de limiter au maximum le nombre de criques lors du dépôt de Stellite® dans une pointe en creux, en fournissant des préconisations géométriques de conception de l'aube. Ces préconisations devront rendre la géométrie plus robuste sans pour autant être trop massive afin d'optimiser l'aube

La présente invention propose un perfectionnement à cette technologie, qui apporte une solution simple, efficace et économique à ce problème.

### **Résumé de l'invention**

La présente invention propose une aube de rotor pour une turbomachine d'aéronef, cette aube présentant un axe de rotation une fois solidaire d'un rotor et un axe d'empilement et comportant une pale s'étendant le long de l'axe d'empilement entre une plateforme interne et une plateforme externe qui porte au moins une léchette en saillie, ladite pale comportant un intrados et un extrados et ladite plateforme externe comportant, du côté desdits intrados et extrados, des bords latéraux configurés pour coopérer par complémentarité de formes avec des bords latéraux complémentaires d'aubes adjacentes, ces bords latéraux comportant chacun un revêtement anti-usure, un de ces bords latéraux formant une pointe en creux comportant une cuvette de réception dudit revêtement et comportant en outre une première portion de surface cylindrique concave formée en partie dans ladite plateforme externe et en partie dans un muret qui est en saillie sur cette plateforme et qui est relié à ladite au moins une léchette, cette première portion de surface s'étendant le long et autour d'un axe virtuel sensiblement parallèle audit axe d'empilement,

caractérisée en ce que :

- ledit muret a une épaisseur mesurée dans une direction sensiblement perpendiculaire audit axe virtuel, qui est supérieure ou égale à 2,5mm, et

- ladite première portion de surface a une hauteur mesurée le long dudit axe virtuel, qui est égale à au moins 150% de l'épaisseur du muret.

L'invention propose ainsi une optimisation de paramètres géométriques de la portion de surface cylindrique concave située dans la pointe en creux de la  
5 plateforme externe de l'aube. Les variations de géométrie brutales sont supprimées au niveau de cette portion de surface, ce qui permet de diminuer le risque de criques dans cette zone.

Une simulation de dépôt de Stellite® permet de confirmer l'efficacité de ces préconisations. En effet, en simulant une élévation de la température au niveau du  
10 revêtement anti-usure, suivi d'un refroidissement rapide, on constate que les contraintes dans la pointe en creux sont beaucoup plus faibles sur une géométrie avec ces préconisations : les contraintes diminuent en moyenne de 35%.

L'aube selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les  
15 autres :

- ladite première portion de surface a un rayon mesuré par rapport audit axe virtuel, qui est supérieur ou égal à 1,2mm ;

-- ladite première portion de surface a une hauteur mesurée le long dudit axe virtuel, qui est supérieure ou égale à 3mm,

20 - ladite pointe en creux comprend une seconde portion de surface plane qui s'étend depuis ladite première portion de surface du côté opposé à ladite au moins une léchette à laquelle est relié ledit muret, cette seconde portion étant formée en partie dans ladite plateforme externe et en partie dans ledit muret, et s'étendant sensiblement parallèlement audit axe virtuel ;

25 - ladite plateforme externe comprend une première surface reliée à ladite pale, et une seconde surface opposée sur laquelle ledit muret est en saillie, ce muret comportant une surface de tête, opposée à ladite pale, qui s'étend depuis ladite au moins une léchette jusqu'à un premier congé de raccordement de cette surface de tête à ladite seconde surface ;

30 - ladite surface de tête est inclinée par rapport à ladite seconde surface d'un angle inférieur ou égal à 35° ;

- ladite plateforme externe porte deux léchettes en saillie sensiblement parallèles, ledit muret s'étendant depuis une première des léchettes jusqu'à distance d'une

seconde des léschettes, la distance cumulée du muret et dudit premier congé, mesurée depuis ladite première portion de surface et le long de ladite seconde portion de surface, représentant au moins 40% de la distance cumulée du muret, dudit premier congé et de ladite seconde surface de la plateforme jusqu'à un second  
5 congé de raccordement de cette seconde surface à la seconde léschette, ces distances étant mesurées depuis ladite première portion de surface et le long de ladite seconde portion de surface.

La présente invention concerne encore une roue de rotor pour une turbomachine d'aéronef, comportant un disque portant à sa périphérie une rangée annulaire  
10 d'aubes telles que décrites ci-dessus.

Avantageusement, les bords latéraux des aubes sont emboîtés les uns dans les autres et comprennent des revêtements anti-usure en appui les uns sur les autres, les aubes étant en appui les unes sur les autres uniquement par l'intermédiaire de leurs revêtements.

15 La présente invention concerne également une turbomachine d'aéronef, comportant au moins une aube ou une roue telle que décrite ci-dessus.

### **Brève description des figures**

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la  
20 lecture de la description détaillée qui va suivre pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

[Fig.1] la figure 1 est une vue schématique en perspective d'une d'aube de roue de turbine pour une turbomachine d'aéronef,

[Fig.2] la figure 2 est une vue schématique à plus grande échelle d'une partie de  
25 l'aube de la figure 1,

[Fig.3a-3d] les figures 3a à 3d sont des vues schématiques de détails d'une plateforme externe d'une aube de rotor,

[Fig.4] la figure 4 est une vue schématique partielle en perspective d'une aube de rotor selon un mode de réalisation de l'invention, et

30 [Fig.5a-5d] les figures 5a à 5d sont des vues schématiques de détails de la plateforme externe de l'aube de la figure 4.

### **Description détaillée de l'invention**

L'invention s'applique à une aube 10 de roue mobile telle que décrite ci-dessus en référence aux figures 1 et 2.

L'aube 10 comprend au moins une pale 16 qui s'étend entre deux plateformes, respectivement interne 19 et externe 20. La plateforme interne 19 est reliée à  
5 l'extrémité radialement interne de la pale et la plateforme externe 20 est reliée à l'extrémité radialement externe de la pale et comprend des revêtements 36 de matériau anti-usure.

Les figures 3a à 3d illustrent des détails d'un bord latéral 22 d'une plateforme 20, et en particulier de celui comportant une pointe en creux P destinée à recevoir une  
10 pointe en saillie du bord latéral 21 d'une aube adjacente.

Les éléments des figures 3a à 3d qui ont été décrits dans ce qui précède sont désignés par les mêmes références aux figures 3a à 3d.

Les figures 3a à 3d illustrent des paramètres qui sont relativement critiques sur l'apparition de criques dans le revêtement anti-usure 36 situé dans cette pointe en  
15 creux P. Ce revêtement 36 est schématiquement représenté par une zone hachurée Z1 à la figure 3a, et est situé dans une cuvette 38 de cette pointe en creux P.

Les inventeurs ont démontré que les dimensions géométriques d'une portion de surface cylindrique concave 40 de la pointe en creux P étaient importants pour  
20 réduire les risques d'apparition de criques. Cette portion de surface 40 est formée en partie dans la plateforme externe 20 et en partie dans un muret 42 qui est en saillie sur cette plateforme et qui est relié à la léchette 31. Cette portion de surface 40 s'étend le long et autour d'un axe virtuel Y sensiblement parallèle à l'axe d'empilement X.

Comme illustré à la figure 3a, la portion de surface 40 doit avoir un rayon R mesuré  
25 par rapport à l'axe Y, qui est supérieur ou égal à une certaine valeur.

Comme illustré à la figure 3d, le muret 42 doit de préférence avoir une épaisseur E mesurée dans une direction sensiblement perpendiculaire à l'axe Y, qui est supérieure ou égale à une certaine valeur.

Comme illustré à la figure 3b, la portion de surface 40 doit avoir une hauteur H  
30 mesurée le long de l'axe Y, qui représente au moins 150% de l'épaisseur E du muret 42.

Enfin, avantageusement, comme illustré à la figure 3c, le rapport  $L1/L2$ , qui sera explicité dans ce qui suit, doit être supérieur ou égal à une certaine valeur.

Les figures 4 et 5a à 5d illustrent un mode de réalisation d'une aube de rotor selon l'invention dont les paramètres ci-dessus ont été optimisés.

L'aube 10 de la figure 4 comprend les caractéristiques décrites ci-dessus en référence aux figures 1 et 2.

- 5 Les figures 4 et 5a permettent de visualiser le muret 42 qui s'étend depuis la léchette 31 jusqu'à distance de la léchette 32, le long du bord de la pointe en creux P. Ce muret 42 comprend une surface de tête 44, opposée à la pale 16, qui s'étend depuis la léchette 31 et est raccordée par un premier congé 46 de raccordement à la surface 20a de la plateforme externe 20 sur laquelle le muret 42 est en saillie. Ce
- 10 congé 46 s'étend sensiblement sur tout le pourtour du muret.

La pointe en creux P comprend la portion de surface cylindrique 40 concave formée en partie dans la plateforme externe 20 et en partie dans le muret 42.

Dans l'exemple représenté et de manière préférée :

- la portion de surface 40 a un rayon R1 qui est supérieur ou égal à 1,2mm (figure
- 15 5a), et
- la portion de surface 40 a une hauteur H1 qui est supérieure ou égale à 3mm (figure 5b).

Par ailleurs, de préférence, le muret 42 a une épaisseur E1 qui est supérieure ou égale à 2,5mm (figure 5d).

- 20 La pointe en creux P comprend une seconde portion de surface plane 48 qui s'étend depuis la première portion de surface 40 et qui est formée en partie dans la plateforme externe 20 et en partie dans le muret 42. Cette seconde portion de surface 48 s'étend sensiblement parallèlement à l'axe Y.

- 25 La distance L1 est la distance cumulée du muret 42 et du premier congé 46, mesurée depuis la première portion de surface 40 et le long de la seconde portion de surface 48.

- 30 La distance L2 est la distance cumulée du muret 42, du premier congé 46 et de la seconde surface 20a de la plateforme 20 jusqu'à un second congé 50 de raccordement de cette seconde surface à la léchette 32 située à distance du muret 42 (figure 5c).

Les distances L1 et L2 sont mesurées depuis la première portion de surface 40 et le long de la seconde portion de surface 48. De manière préférée, le rapport L1/L2 est supérieur ou égal à 40%.

Par ailleurs, la surface de tête 44 du muret 42 est de préférence inclinée par rapport à la surface 20a d'un angle  $\alpha$  inférieur ou égal à  $35^\circ$  (figure 5c).

## REVENDEICATIONS

1. Aube de rotor (10) pour une turbomachine d'aéronef, cette aube présentant un axe (A) de rotation une fois solidaire d'un rotor et un axe d'empilement (X) et  
5 comportant une pale (16) s'étendant le long de l'axe d'empilement entre une plateforme interne (19) et une plateforme externe (20) qui porte au moins une léchette (31, 32) en saillie, ladite pale comportant un intrados (16a) et un extrados et ladite plateforme externe comportant, du côté desdits intrados et extrados, des bords latéraux (21, 22) configurés pour coopérer par complémentarité de formes  
10 avec des bords latéraux (22, 21) complémentaires d'aubes adjacentes, ces bords latéraux comportant chacun un revêtement (36) anti-usure, un de ces bords latéraux formant une pointe en creux (P) comportant une cuvette (38) de réception dudit revêtement et comportant en outre une première portion de surface cylindrique concave (40) formée en partie dans ladite plateforme externe (20) et en partie dans  
15 un muret (42) qui est en saillie sur cette plateforme et qui est relié à ladite au moins une léchette (31), cette première portion de surface (40) s'étendant le long et autour d'un axe virtuel (Y) sensiblement parallèle audit axe d'empilement (X), caractérisée en ce que :
- ledit muret (42) a une épaisseur (E1) mesurée dans une direction sensiblement  
20 perpendiculaire audit axe virtuel (Y), qui est supérieure ou égale à 2,5mm,
  - ladite première portion de surface (40) a une hauteur (H1) mesurée le long dudit axe virtuel (Y), qui est égale à au moins 150% de l'épaisseur (E1) du muret (42).
2. Aube (10) selon la revendication précédente, dans laquelle ladite première portion de surface (40) a un rayon (R1) mesuré par rapport audit axe virtuel (Y), qui  
25 est supérieur ou égal à 1,2mm.
3. Aube (10) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ladite pointe en creux (P) comprend une seconde portion de surface (48) plane qui s'étend depuis ladite première portion de surface (42) du côté opposé à ladite au moins une léchette à laquelle est relié ledit muret, cette seconde portion (48) étant formée en  
30 partie dans ladite plateforme externe (20) et en partie dans ledit muret (42), et s'étendant sensiblement parallèlement audit axe virtuel (Y).
4. Aube (10) selon la revendication précédente, dans laquelle ladite plateforme externe (20) comprend une première surface reliée à ladite pale, et une seconde

surface (20a) opposée sur laquelle ledit muret (42) est en saillie, ce muret comportant une surface de tête (44), opposée à ladite pale (16), qui s'étend depuis ladite au moins une léchette (31) jusqu'à un premier congé (46) de raccordement de cette surface de tête (44) à ladite seconde surface (20a).

5 5. Aube (10) selon la revendication précédente, dans laquelle ladite surface de tête (44) est inclinée par rapport à ladite seconde surface (20a) d'un angle ( $\alpha$ ) inférieur ou égal à 35°.

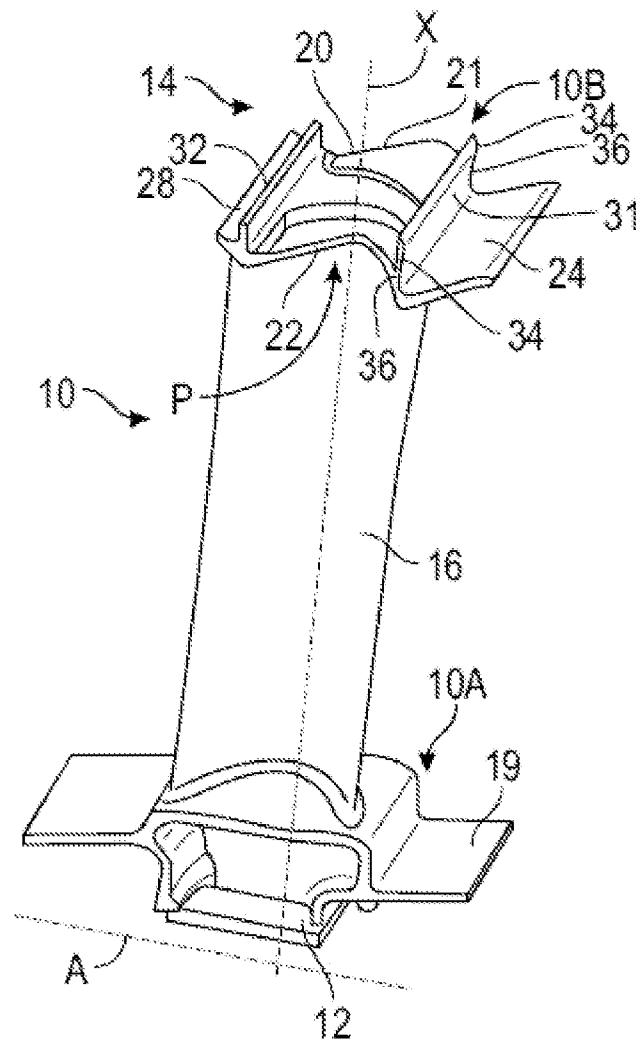
6. Aube (10) selon la revendication 4 ou 5, dans laquelle ladite plateforme externe (20) porte deux léchettes (31, 32) en saillie sensiblement parallèles, ledit muret (42) s'étendant depuis une première des léchettes (31) jusqu'à distance d'une seconde des léchettes (32), la distance cumulée (L1) du muret (42) et dudit premier congé (46), mesurée depuis ladite première portion de surface (40) et le long de ladite seconde portion de surface (48), représentant au moins 40% de la distance cumulée (L2) du muret (42), dudit premier congé (46) et de ladite seconde surface (20a) de la plateforme (20) jusqu'à un second congé (50) de raccordement de cette seconde surface (20a) à la seconde léchette (32), ces distances (L1, L2) étant mesurées depuis ladite première portion de surface (40) et le long de ladite seconde portion de surface (48).

7. Roue de rotor pour une turbomachine d'aéronef, comportant un disque portant à sa périphérie une rangée annulaire d'aubes (10) selon l'une des revendications précédentes.

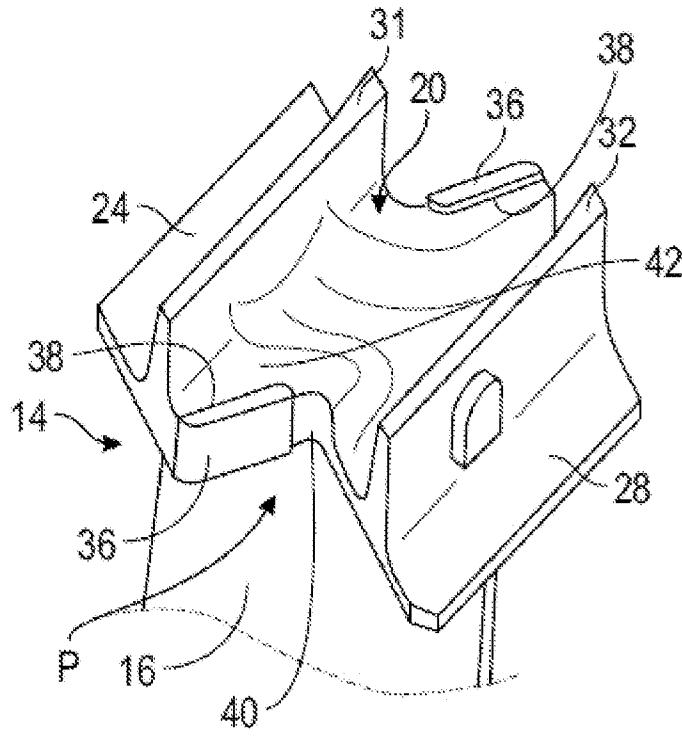
8. Roue selon la revendication précédente, dans laquelle les bords latéraux (21, 22) des aubes (10) sont emboîtés les uns dans les autres et comprennent des revêtements (36) anti-usure en appui les uns sur les autres, les aubes étant en appui les unes sur les autres uniquement par l'intermédiaire de leurs revêtements.

9. Turbomachine d'aéronef, comportant au moins une aube (10) selon l'une des revendications 1 à 6 ou une roue selon la revendication 7 ou 8.

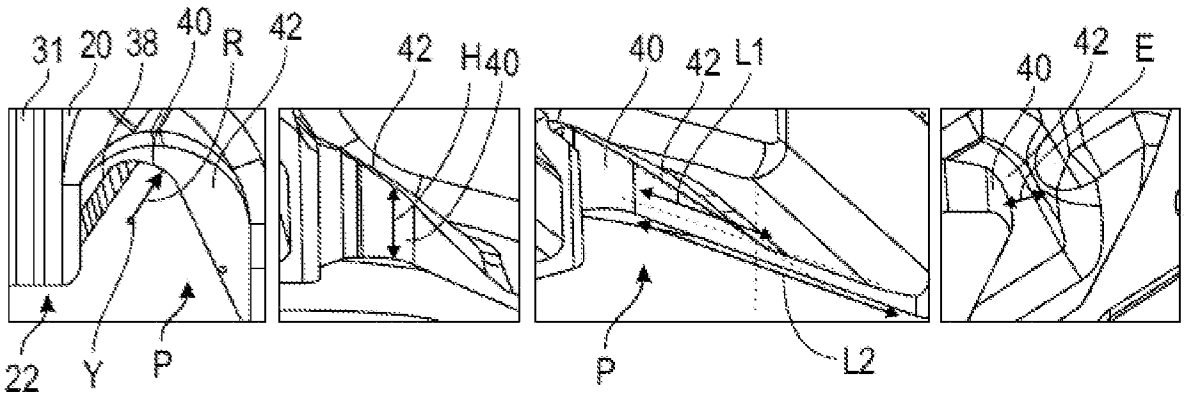
[Fig.1]



[Fig.2]

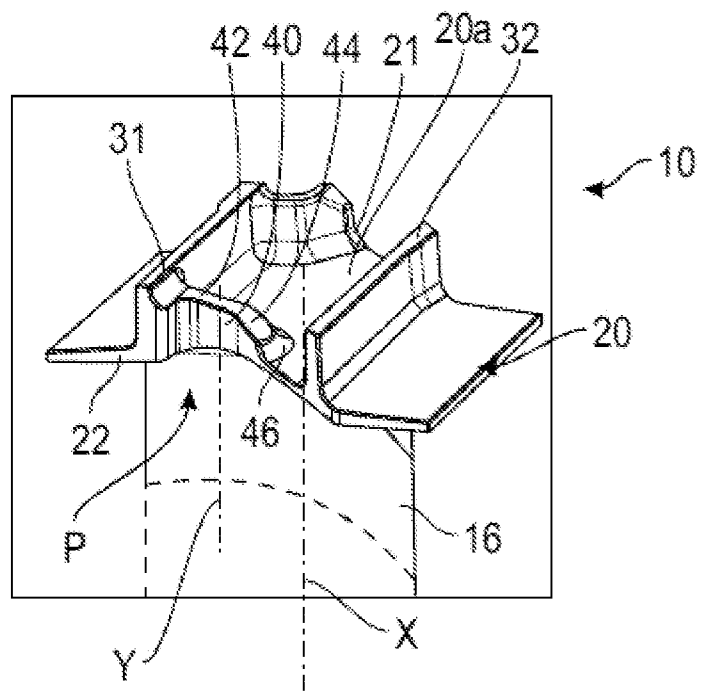


[Fig.3a-3d]

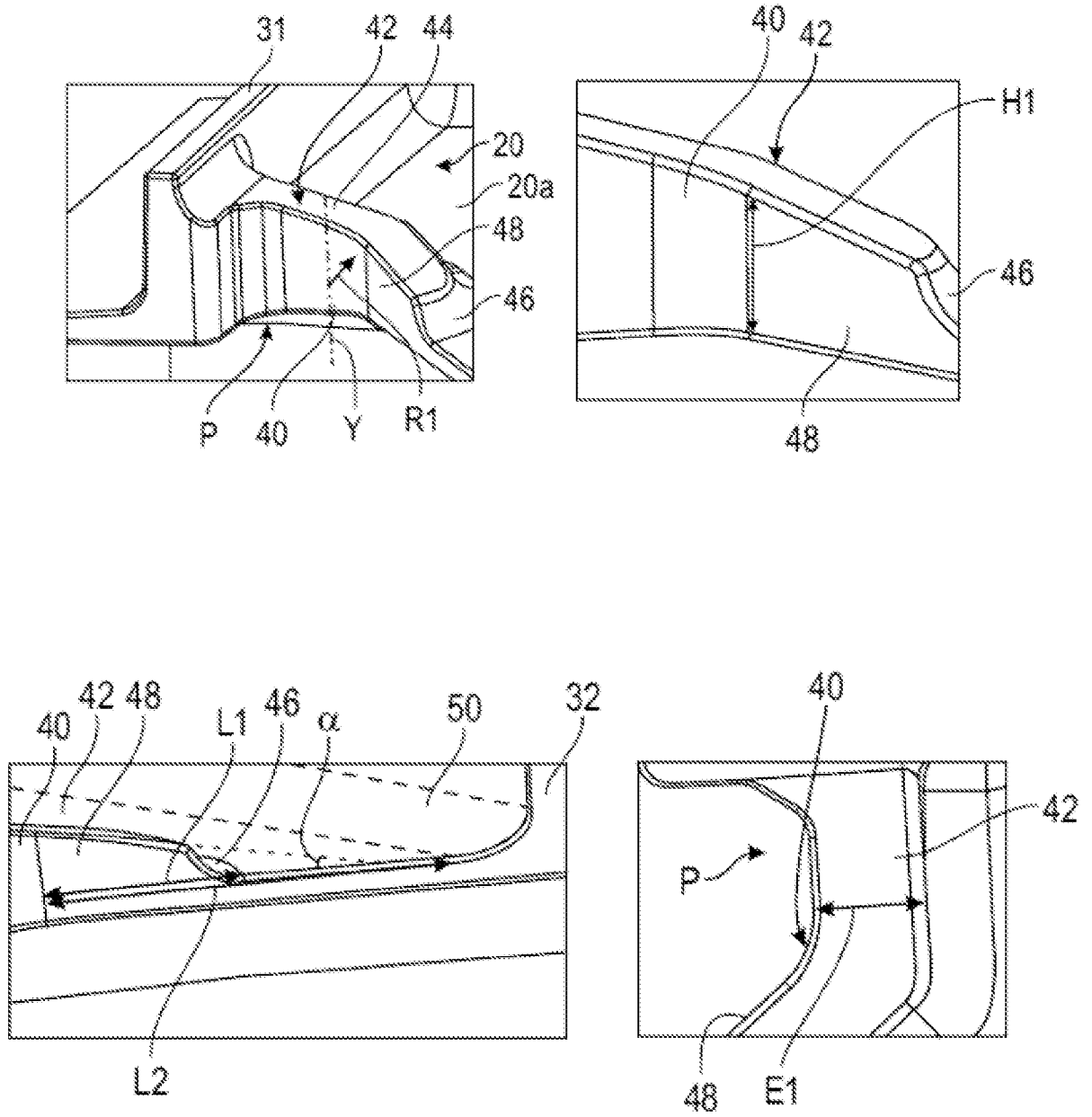


5

[Fig.4]



[Fig.5a-5d]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/FR2021/050162**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>F01D 5/14</i> (2006.01)i; <i>F01D 5/16</i> (2006.01)i; <i>F01D 5/22</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F01D		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 3077600 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 09 August 2019 (2019-08-09) paragraph [0013] - paragraph [0032]; figures	1-9
A	US 6491498 B1 (SELESKI RICHARD [US] ET AL) 10 December 2002 (2002-12-10) the whole document	1-9
A	FR 2985759 A1 (SNECMA [FR]) 19 July 2013 (2013-07-19) cited in the application the whole document	1-9
A	WO 2014118456 A1 (SNECMA [FR]) 07 August 2014 (2014-08-07) the whole document	1-9
A	FR 2967714 A1 (SNECMA [FR]) 25 May 2012 (2012-05-25) the whole document	1-9
A	US 2019309638 A1 (LOISEL BRUNO MARC-ETIENNE [FR] ET AL) 10 October 2019 (2019-10-10) the whole document	1-9
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>24 March 2021</b>		Date of mailing of the international search report <b>13 April 2021</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Teissier, Damien</b> Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/FR2021/050162**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
FR	3077600	A1	09 August 2019	CN	111742115	A	02 October 2020
				EP	3749838	A1	16 December 2020
				FR	3077600	A1	09 August 2019
				US	2020408099	A1	31 December 2020
				WO	2019154734	A1	15 August 2019
US	6491498	B1	10 December 2002	CN	1643236	A	20 July 2005
				EP	1451446	A1	01 September 2004
				KR	20040041664	A	17 May 2004
				US	6491498	B1	10 December 2002
				WO	03029616	A1	10 April 2003
FR	2985759	A1	19 July 2013	BR	112014017505	A2	13 June 2017
				CA	2861076	A1	25 July 2013
				CN	104053857	A	17 September 2014
				EP	2805020	A1	26 November 2014
				FR	2985759	A1	19 July 2013
				FR	2985760	A1	19 July 2013
				JP	6199309	B2	20 September 2017
				JP	6518735	B2	22 May 2019
				JP	2015506438	A	02 March 2015
				JP	2018009576	A	18 January 2018
				RU	2014133548	A	10 March 2016
				US	2015023793	A1	22 January 2015
				WO	2013107982	A1	25 July 2013
				WO	2014118456	A1	07 August 2014
CA	2899675	A1	07 August 2014				
CN	104968895	A	07 October 2015				
EP	2951397	A1	09 December 2015				
FR	3001758	A1	08 August 2014				
JP	2016511354	A	14 April 2016				
JP	2019090417	A	13 June 2019				
RU	2015137085	A	06 March 2017				
US	2015369058	A1	24 December 2015				
WO	2014118456	A1	07 August 2014				
FR	2967714	A1	25 May 2012	BR	112013012472	A2	06 September 2016
				CA	2818093	A1	31 May 2012
				CN	103221642	A	24 July 2013
				EP	2643555	A1	02 October 2013
				FR	2967714	A1	25 May 2012
				JP	5889911	B2	22 March 2016
				JP	2014500432	A	09 January 2014
				RU	2013128549	A	27 December 2014
				US	2013259699	A1	03 October 2013
				WO	2012069744	A1	31 May 2012
US	2019309638	A1	10 October 2019	FR	3079847	A1	11 October 2019
				US	2019309638	A1	10 October 2019

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2021/050162

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F01D5/14 F01D5/16 F01D5/22 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) F01D		
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
A	FR 3 077 600 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 9 août 2019 (2019-08-09) alinéa [0013] - alinéa [0032]; figures -----	1-9
A	US 6 491 498 B1 (SELESKI RICHARD [US] ET AL) 10 décembre 2002 (2002-12-10) le document en entier -----	1-9
A	FR 2 985 759 A1 (SNECMA [FR]) 19 juillet 2013 (2013-07-19) cité dans la demande le document en entier -----	1-9
A	WO 2014/118456 A1 (SNECMA [FR]) 7 août 2014 (2014-08-07) le document en entier -----	1-9
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> 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  24 mars 2021		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  13/04/2021
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  Teissier, Damien

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 967 714 A1 (SNECMA [FR]) 25 mai 2012 (2012-05-25) le document en entier -----	1-9
A	US 2019/309638 A1 (LOISEL BRUNO MARC-ETIENNE [FR] ET AL) 10 octobre 2019 (2019-10-10) le document en entier -----	1-9

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2021/050162

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 3077600	A1	09-08-2019	CN 111742115 A	02-10-2020
			EP 3749838 A1	16-12-2020
			FR 3077600 A1	09-08-2019
			US 2020408099 A1	31-12-2020
			WO 2019154734 A1	15-08-2019
-----				
US 6491498	B1	10-12-2002	CN 1643236 A	20-07-2005
			EP 1451446 A1	01-09-2004
			KR 20040041664 A	17-05-2004
			US 6491498 B1	10-12-2002
			WO 03029616 A1	10-04-2003
-----				
FR 2985759	A1	19-07-2013	BR 112014017505 A2	13-06-2017
			CA 2861076 A1	25-07-2013
			CN 104053857 A	17-09-2014
			EP 2805020 A1	26-11-2014
			FR 2985759 A1	19-07-2013
			FR 2985760 A1	19-07-2013
			JP 6199309 B2	20-09-2017
			JP 6518735 B2	22-05-2019
			JP 2015506438 A	02-03-2015
			JP 2018009576 A	18-01-2018
			RU 2014133548 A	10-03-2016
			US 2015023793 A1	22-01-2015
			WO 2013107982 A1	25-07-2013
-----				
WO 2014118456	A1	07-08-2014	BR 112015018390 A2	18-07-2017
			CA 2899675 A1	07-08-2014
			CN 104968895 A	07-10-2015
			EP 2951397 A1	09-12-2015
			FR 3001758 A1	08-08-2014
			JP 2016511354 A	14-04-2016
			JP 2019090417 A	13-06-2019
			RU 2015137085 A	06-03-2017
			US 2015369058 A1	24-12-2015
			WO 2014118456 A1	07-08-2014
-----				
FR 2967714	A1	25-05-2012	BR 112013012472 A2	06-09-2016
			CA 2818093 A1	31-05-2012
			CN 103221642 A	24-07-2013
			EP 2643555 A1	02-10-2013
			FR 2967714 A1	25-05-2012
			JP 5889911 B2	22-03-2016
			JP 2014500432 A	09-01-2014
			RU 2013128549 A	27-12-2014
			US 2013259699 A1	03-10-2013
WO 2012069744 A1	31-05-2012			
-----				
US 2019309638	A1	10-10-2019	FR 3079847 A1	11-10-2019
			US 2019309638 A1	10-10-2019
-----				