(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
02 juin 2022 (02.06.2022)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2022/112683 A1

(51) Classification internationale des brevets :
D03D 25/00 (2006.01) *F01D 5/18* (2006.01)
B29B 11/16 (2006.01) *F01D 5/30* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2021/052012

(22) Date de dépôt international :
15 novembre 2021 (15.11.2021)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2012107 25 novembre 2020 (25.11.2020) FR

(71) Déposant : **SAFRAN CERAMICS** [FR/FR] ; Rue de Touban, Les Cinq Chemins, 33185 LE HAILLAN (FR).

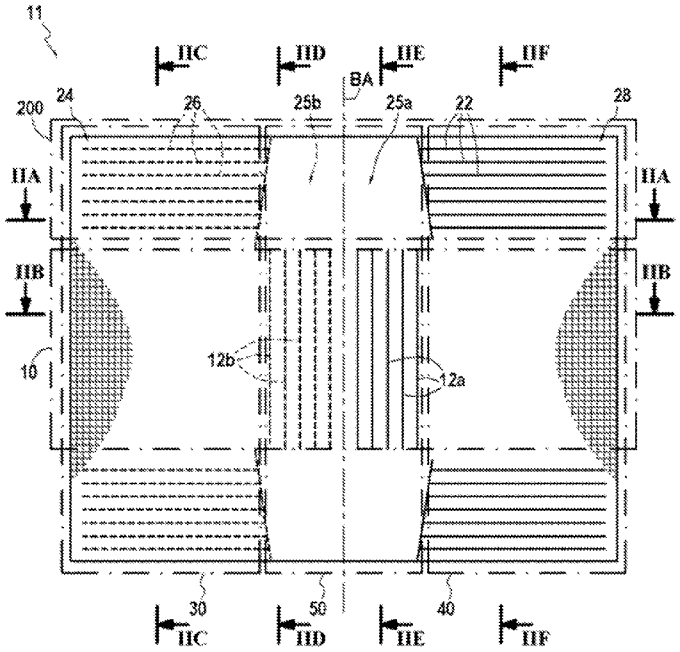
(72) Inventeurs : **ROUSSILLE, Clément, Marie, Benoît** ; c/o SAFRAN, Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **GIMAT, Matthieu, Arnaud** ; c/o SAFRAN, Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **MATEO, Julien, André, Roger** ; c/o SAFRAN, Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

(74) Mandataire : **LAÏK, Eric** et al. ; CABINET BEAU DE LOMENIE, 158 Rue de l'Université, 75340 PARIS CEDEX 07 (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.

(54) **Title:** FIBROUS TEXTURE FOR REINFORCING A TURBOMACHINE BLADE

(54) **Titre :** TEXTURE FIBREUSE DE RENFORT D'UNE AUBE DE TURBOMACHINE



[Fig. 2]

(57) **Abstract:** The invention relates to a fibrous texture (11) for reinforcing a turbomachine blade made as a single piece and forming at least the preform of the airfoil profile (10) of the blade and the platform element (24 28).

(57) **Abrégé :** L'invention concerne une texture fibreuse (11) de renfort d'une aube de turbomachine réalisée en une seule pièce et formant au moins préforme du profil aérodynamique (10) de l'aube et de l'élément de plateforme (24; 28).

WO 2022/112683 A1

[Suite sur la page suivante]

(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), 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))*

Description

Titre de l'invention : Texture fibreuse de renfort d'une aube de turbomachine

Domaine Technique

L'invention concerne une texture fibreuse de renfort d'une aube de turbomachine, et en particulier d'une aube de distributeur de turbine. La texture est réalisée en une seule pièce et forme au moins préforme du profil aérodynamique de l'aube et de l'élément de plateforme. Ces aubes peuvent être destinées à être intégrées dans les turbomachines aéronautiques ou industrielles.

Technique antérieure

Les distributeurs de turbine sont des pièces liées au carter d'un turboréacteur permettant de canaliser et d'orienter les gaz du flux primaire. Un étage de turbine est constitué d'un aubage fixe appelé « distributeur » (ou stator), suivi d'un aubage mobile ou rotor (ensemble du disque de turbine et des aubes mobiles). Les distributeurs de turbine sont réalisés avec des aubes à pales creuses, c'est-à-dire avec des pales présentant un passage longitudinal interne sur toute leur longueur entre leurs extrémités extérieure et intérieure. De tels passages permettent d'acheminer un flux d'air de l'extérieur vers l'intérieur, notamment pour le refroidissement de disques de roues mobiles de turbine.

Les matériaux composites à matrice céramique (« matériaux CMC ») ont été proposés comme éléments de partie chaude de turbomachine. En effet, ces matériaux possèdent des propriétés thermostructurales remarquables, c'est-à-dire des propriétés mécaniques qui les rendent aptes à constituer des éléments de structure et la capacité à conserver ces propriétés à des températures élevées. De surcroît, les matériaux CMC ont une masse volumique bien inférieure à celle des matériaux métalliques utilisés traditionnellement pour des éléments de parties chaudes de turbomachines.

Le distributeur est soumis à des efforts liés au flux aérodynamique dans la veine et à l'effet piston sur le carter sous le distributeur (différence de pression entre les

cavités amont et aval sous le distributeur). Ces efforts créent un moment autour de la fixation entre le distributeur et le carter.

Les aubes de distributeur doivent faire cheminer les efforts par des zones assurant une tenue structurale suffisante tout en présentant une forme relativement complexe permettant d'assurer différentes fonctions, comme notamment l'orientation et la distribution du flux de gaz aux étages avals (profil aérodynamique de la pale), le guidage des flux par les veines supérieure et inférieure (plateformes) et l'alimentation du carter intérieur en en air de refroidissement. On connait également US2018119549 qui divulgue une aube en matériau composite à matrice céramique et US2020232331 qui divulgue une méthode de fabrication d'une aube en matériau composite par tissage.

Il serait souhaitable de disposer d'une aube de turbomachine permettant d'assurer, de manière satisfaisante, la tenue aux efforts exercés ainsi que les fonctions souhaitées.

Exposé de l'invention

L'invention concerne une texture fibreuse tissée par tissage tridimensionnel destinée à former le renfort fibreux d'une aube de turbomachine, la texture comprenant une première portion formant préforme de profil aérodynamique de l'aube et au moins une deuxième portion formant préforme d'un élément de plateforme de l'aube, et la texture comprenant des première et deuxième zones présentes de part et d'autre d'une zone de bord d'attaque, les première et deuxième zones s'étendant transversalement aux première et deuxième portions, des premiers et deuxièmes fils étant tissés dans la première portion sur les première et deuxième zones,

la texture étant caractérisée en ce qu'elle présente dans chaque deuxième portion : (i) une première fraction des deuxièmes fils tissée avec les premiers fils sur la première zone et non tissée avec les premiers fils sur la deuxième zone définissant ainsi une première partie de la préforme de l'élément de plateforme sur la première zone, et (ii) une deuxième fraction des deuxièmes fils tissée avec les premiers fils sur la deuxième zone et non tissée avec les premiers fils sur la première zone

définissant ainsi une deuxième partie de la préforme de l'élément de plateforme sur la deuxième zone qui est déliée de la première partie.

L'invention propose une texture formant, en une seule pièce de tissu, au moins la préforme du profil aérodynamique de l'aube et d'un élément de plateforme de l'aube.

Dans un exemple de réalisation, la zone de bord d'attaque est recouverte, dans chaque deuxième portion, par l'une au moins des première et deuxième parties de l'élément de plateforme et/ou par au moins un prolongement d'une de ces parties formé par tissage de premiers fils additionnels avec l'une au moins des première et deuxième fractions de deuxièmes fils, les premiers fils additionnels n'étant pas tissés avec les deuxièmes fils dans la première portion.

Une telle caractéristique est avantageuse car elle assure la présence d'un renfort tissé dans la plateforme sur la zone de bord d'attaque permettant ainsi d'obtenir une plateforme complète à l'aide d'une seule et même texture.

Dans un exemple de réalisation, la texture comprend en outre une troisième zone comprenant la zone de bord d'attaque et située entre les première et deuxième zones, des premiers fils additionnels étant présents dans la troisième zone sur au moins une face de la texture et étant, dans chaque deuxième portion, tissés avec l'une au moins des première et deuxième fractions de deuxièmes fils définissant ainsi un prolongement de l'une au moins des première et deuxième parties de la préforme de l'élément de plateforme, et les premiers fils additionnels n'étant pas tissés avec les deuxièmes fils dans la première portion.

En particulier, les premiers fils additionnels peuvent être présents sur chaque face de la texture et peuvent, dans chaque deuxième portion, être tissés avec les première et deuxième fractions de deuxièmes fils définissant ainsi des prolongements des première et deuxième parties de la préforme de l'élément de plateforme.

En particulier, les première et deuxième parties de la préforme de l'élément de plateforme peuvent respectivement se recouvrir dans la troisième zone avec le prolongement de la deuxième et de la première partie de la préforme de l'élément de plateforme.

Dans un exemple de réalisation, les première et deuxième parties de la préforme de l'élément de plateforme s'étendent chacune jusqu'à la zone de bord d'attaque ou

jusqu'au voisinage de la zone de bord d'attaque, à une distance d'au plus cinq plans d'armure de tissage de cette zone.

Une telle caractéristique permet d'améliorer la continuité textile de la plateforme au voisinage du bord d'attaque.

En particulier, les première et deuxième parties de la préforme de l'élément de plateforme peuvent chacune s'étendre jusqu'à la zone de bord d'attaque.

En variante, les première et deuxième parties peuvent être situées à une distance de la zone de bord d'attaque non nulle et inférieure ou égale à cinq plans d'armure de tissage, et les prolongements des première et deuxième parties de la préforme de l'élément de plateforme peuvent se recouvrir sur la zone de bord d'attaque.

Dans un exemple de réalisation, la texture comprend deux deuxièmes portions chacune formant préforme d'un élément de plateforme distinct de l'aube.

Dans un exemple de réalisation, la texture comprend en outre des troisièmes et quatrièmes fils tissés avec les premiers et deuxièmes fils dans la première portion sur les première et deuxième zones, et étant déliés des premier et deuxième fils dans au moins une deuxième portion, les troisièmes et quatrièmes fils étant tissés dans ladite au moins une deuxième portion sur les première et deuxième zones, la texture comprenant en outre au-delà de ladite au moins une deuxième portion une troisième portion formant préforme d'une partie d'accrochage de l'aube et s'étendant transversalement aux première et deuxième zones, la texture présentant dans la troisième portion : (i) une première fraction des quatrièmes fils tissée avec les troisièmes fils sur la première zone et non tissée avec les troisièmes fils sur la deuxième zone définissant ainsi une première partie de la préforme de l'élément d'accrochage sur la première zone, et (ii) une deuxième fraction des quatrièmes fils tissée avec les troisièmes fils sur la deuxième zone et non tissée avec les troisièmes fils sur la première zone définissant ainsi une deuxième partie de la préforme de la partie d'accrochage sur la deuxième zone qui est déliée de la première partie.

Dans ce cas, la texture permet, en une seule et même pièce de tissu, de former à la fois le profil aérodynamique, l'élément de plateforme ainsi que l'élément d'accrochage de l'aube lequel peut permettre l'accroche de l'aube à un carter de turbomachine.

En particulier, la texture peut en outre comprendre une zone intermédiaire située entre les première et deuxième zones, des premiers fils supplémentaires étant présents dans la zone intermédiaire sur au moins une face de la texture et étant, dans chaque deuxième portion, tissés avec l'une au moins des première et deuxième fractions de deuxièmes fils définissant ainsi un prolongement de l'une au moins des première et deuxième parties de la préforme de l'élément de plateforme, et les premiers fils supplémentaires n'étant pas tissés avec les deuxièmes fils dans la première portion.

L'invention vise également un procédé de fabrication d'une aube de turbomachine en matériau composite au moins :

- la mise en forme d'une texture fibreuse telle que décrite plus haut autour d'une forme comprenant au moins le positionnement de la première portion sur la forme de sorte à former le profil aérodynamique de l'aube à obtenir et le déploiement des première et deuxième parties de la préforme de l'élément de plateforme, et éventuellement le déploiement des première et deuxième parties de la préforme de l'élément d'accrochage, et
- la formation d'une matrice céramique dans la porosité de la texture ainsi mise en forme.

L'invention vise également une aube de turbomachine obtenue par le procédé tel que décrit plus haut.

Brève description des dessins

[Fig. 1] La figure 1 représente, de manière schématique et à plat, un premier exemple de texture fibreuse selon l'invention.

[Fig. 2] La figure 2 représente, de manière schématique et à plat, un deuxième exemple de texture fibreuse selon l'invention.

[Fig. 2A] La figure 2A représente, de manière schématique, la texture fibreuse de la figure 2 en vue en coupe dans un plan transverse aux première, deuxième et troisième zones au niveau de la deuxième portion.

[Fig. 2B] La figure 2B représente, de manière schématique, la texture fibreuse de la figure 2 en vue en coupe dans un plan transverse aux première, deuxième et troisième zones au niveau de la première portion.

[Fig. 2C] La figure 2C représente, de manière schématique, la texture fibreuse de la figure 2 en vue en coupe dans un plan transverse aux première et deuxièmes portions au niveau de la première zone.

[Fig. 2D] La figure 2D représente, de manière schématique, la texture fibreuse de la figure 2 en vue en coupe dans un plan transverse aux première et deuxièmes portions au niveau d'une région de la troisième zone.

[Fig. 2E] La figure 2E représente, de manière schématique, la texture fibreuse de la figure 2 en vue en coupe dans un plan transverse aux première et deuxièmes portions au niveau d'une autre région de la troisième zone.

[Fig. 2F] La figure 2F représente, de manière schématique, la texture fibreuse de la figure 2 en vue en coupe dans un plan transverse aux première et deuxièmes portions au niveau de la deuxième zone.

[Fig. 3] La figure 3 représente, de manière schématique, un détail d'une variante d'une texture fibreuse selon la figure 2 en vue en coupe dans un plan transverse aux première et deuxièmes portions au niveau de la zone de bord d'attaque.

[Fig. 4] La figure 4 représente, de manière schématique et à plat, un troisième exemple de texture fibreuse selon l'invention.

[Fig. 5] La figure 5 représente, de manière schématique et à plat, un quatrième exemple de texture fibreuse selon l'invention.

[Fig. 5A] La figure 5A représente, de manière schématique, la texture fibreuse de la figure 5 en vue en coupe dans un plan transverse aux première et deuxième zones au niveau de la troisième portion.

[Fig. 5B] La figure 5B représente, de manière schématique, la texture fibreuse de la figure 5 en vue en coupe dans un plan transverse aux première et deuxième zones au niveau de la deuxième portion.

[Fig. 5C] La figure 5C représente, de manière schématique, la texture fibreuse de la figure 5 en vue en coupe dans un plan transverse aux première et deuxième zones au niveau de la première portion.

[Fig. 5D] La figure 5D représente, de manière schématique, la texture fibreuse de la figure 5 en vue en coupe dans un plan transverse aux première, deuxièmes et troisièmes portions au niveau de la première zone.

[Fig. 5E] La figure 5E représente, de manière schématique, la texture fibreuse de la figure 5 en vue en coupe dans un plan transverse aux première, deuxièmes et troisièmes portions au niveau de la zone intermédiaire.

[Fig. 5F] La figure 5F représente, de manière schématique, la texture fibreuse de la figure 5 en vue en coupe dans un plan transverse aux première, deuxièmes et troisièmes portions au niveau de la deuxième zone.

Description des modes de réalisation

On a représenté à la figure 1 un premier exemple de texture fibreuse tissée 1 qui est destinée à former le renfort fibreux d'une aube de turbomachine. La texture 1 est illustrée à la figure 1 à plat, non mise en forme. La texture 1 présente ainsi deux faces, une face avant (recto) et une face arrière (verso). Les fils visibles en transparence présents du côté de la face arrière sont représentés en pointillés sur les figures et ceux présents du côté de la face avant en traits pleins.

La texture 1 forme, en une seule pièce de tissu, à la fois la préforme du profil aérodynamique de l'aube et d'un élément de plateforme de l'aube.

La texture 1 comprend une première portion 10 formant la préforme du profil aérodynamique de l'aube (partie de pale de l'aube). La première portion 10 est obtenue par tissage tridimensionnel de premiers et deuxièmes fils. Les premiers fils peuvent être des fils de chaine et les deuxièmes fils des fils de trame ou, inversement, les premiers fils peuvent être des fils de trame et les deuxièmes fils des fils de chaine. Sauf mention contraire, une inversion des rôles entre chaine et trame est possible dans le texte qui suit, et doit être considérée comme couverte aussi par les revendications. Dans les figures, les premiers fils s'étendent verticalement et les deuxièmes fils horizontalement. Une fois la texture mise en forme ainsi que dans l'aube obtenue, les premiers fils s'étendent le long de la direction radiale et les deuxièmes fils le long de la direction axiale. La direction axiale correspond à la direction d'écoulement du flux gazeux dans la veine dans laquelle l'aube est destinée à être montée. La direction radiale correspond à la direction selon un rayon de la partie de la turbomachine dans laquelle l'aube est destinée à être montée (droite reliant le centre de cette partie à sa périphérie). La direction radiale correspond à la direction selon la hauteur de l'aube.

La texture 1 comprend une première zone 30 et une deuxième zone 40 présentes de part et d'autre d'une zone de bord d'attaque BA de l'aube. La première zone 30 est destinée à former le côté intrados de l'aube et la deuxième zone 40 le côté extrados de l'aube. Les première 30 et deuxième 40 zones s'étendent chacune transversalement, par exemple perpendiculairement, à la première portion 10.

La première portion 10 peut être formée par une unique bande de tissu continue obtenue par tissage tridimensionnel. La première portion 10 peut ne pas présenter de déliaison sur les première 30 et deuxième 40 zones.

La texture 1 comprend en outre au moins une deuxième portion 20 formant préforme d'un élément de plateforme de l'aube. Dans l'exemple illustré, la texture 1 comprend deux deuxièmes portions 20 symétriques l'une de l'autre par rapport à la première portion 10 : une deuxième portion 20 extérieure (par rapport à la direction radiale) et une deuxième portion 20 intérieure (par rapport à la direction radiale). Une telle configuration est applicable à l'exemple relatif à une aube fixe de distributeur. On ne sort néanmoins pas du cadre de l'invention lorsque la texture comprend une seule deuxième portion 20, dans le cas par exemple d'une aube rotative. Dans la suite, seule la deuxième portion 20 supérieure va être détaillée, étant entendu que les mêmes caractéristiques sont applicables à la deuxième portion inférieure dans le cas où celle-ci est présente.

La deuxième portion 20 est adjacente à la première portion 10. La deuxième portion 20 peut être située à une extrémité radiale de la première portion 10. La deuxième portion 20 s'étend le long des première 30 et deuxième 40 zones, transversalement, par exemple perpendiculairement, à celles-ci. La deuxième portion 20 est dans la continuité textile de la première portion 10. En particulier, des premiers fils de la première portion 10 se prolongent dans la deuxième portion 20. La deuxième portion 20 est obtenue par tissage tridimensionnel de premiers et deuxièmes fils. Néanmoins, la deuxième portion 20 présente une déliaison D séparant une première partie 24 de la préforme de l'élément de plateforme, obtenue par tissage tridimensionnel de premiers et deuxièmes fils, d'une deuxième partie 28 de la préforme de l'élément de plateforme, obtenue par tissage tridimensionnel de premiers et deuxièmes fils. De façon connue en soi, une déliaison est réalisée entre deux couches de fils de trame en ne faisant pas transiter des fils de chaine à travers

la zone de déliaison pour ne pas lier des fils de couches de trames situées de part et d'autre de la déliaison.

Dans l'exemple illustré, la déliaison D est située sur la zone de bord d'attaque BA. La déliaison D forme une discontinuité dans le tissage de la deuxième portion 20 définissant deux parties distinctes 24 et 28 de la préforme de l'élément de plateforme. Les deux parties 24 et 28 peuvent être rabattues indépendamment l'une de l'autre, au moment de la mise en forme de la texture. La première partie 24 s'étend sur la première zone 30 et la deuxième partie 28 sur la deuxième zone 40. La première partie 24 s'étend dans la continuité textile de la première portion 10 dans la première zone 30. La deuxième partie 28 s'étend dans la continuité textile de la première portion 10 dans la deuxième zone 40. La texture 1 peut être symétrique par rapport à la zone de bord d'attaque BA, comme dans l'exemple illustré. Dans la deuxième portion 20, une première fraction 22 de deuxièmes fils est tissée par tissage tridimensionnel avec les premiers fils sur la première zone 30 et n'est pas tissée avec les premiers fils sur la deuxième zone 40. On constate ainsi la présence de deuxièmes fils pendants 22 de la première fraction au-delà de la première zone 30, non tissés avec les premiers fils. Dans l'exemple illustré, les deuxièmes fils pendants 22 de la première fraction forment des couches unidirectionnelles présentes sur la face avant de la texture 1 et recouvrant la deuxième partie 28. De manière similaire, la texture 1 présente, dans la deuxième portion 20, une deuxième fraction 26 de deuxièmes fils, distincte de la première fraction 22, qui est tissée par tissage tridimensionnel avec les premiers fils sur la deuxième zone 40 et qui n'est pas tissée avec les premiers fils sur la première zone 30. On constate ainsi la présence de deuxièmes fils pendants 26 de la deuxième fraction au-delà de la deuxième zone 40, non tissés avec les premiers fils. Dans l'exemple illustré, les deuxièmes fils pendants 26 de la deuxième fraction forment des couches unidirectionnelles présentes sur la face arrière de la texture et recouvertes par la première partie 24. Le nombre de deuxièmes fils dans la première fraction peut être identique ou différent du nombre de deuxièmes fils dans la deuxième fraction. En outre, le nombre de deuxièmes fils tissés dans la deuxième portion 20 peut être supérieur au nombre de deuxièmes fils tissés dans la première portion 10, par exemple supérieur ou égal à une fois et demi, voire au double, du nombre de

deuxièmes fils tissés dans la première portion 10. L'armure de tissage entre les premiers et deuxièmes fils dans la deuxième portion 20 peut être identique de l'armure de tissage entre les premiers et deuxièmes fils dans la première portion 10, ou l'on peut faire évoluer l'armure de tissage entre les première 10 et deuxième 20 portions.

L'exemple de la figure 1 s'est attaché à décrire une texture 1 formant préforme du profil aérodynamique et de l'élément de plateforme de l'aube. Dans ce cas lors de la fabrication de l'aube, il est possible de compléter l'élément de plateforme en rapportant sur les parties de l'élément de plateforme 24 et 28, situées de part et d'autre de la zone de bord d'attaque BA, des textures supplémentaires et distinctes afin d'assurer la présence d'un renfort textile dans la zone de bord d'attaque. On va maintenant décrire dans la suite d'autres exemples de textures qui permettent de former, avec une seule pièce de tissu, une plateforme complète avec présence d'un renfort textile dans la zone de bord d'attaque.

La figure 2 illustre une variante de texture 11 pour laquelle le même principe que dans la figure 1 est adopté dans les première 30 et deuxième 40 zones, les mêmes symboles de référence sont repris pour les éléments identiques. Néanmoins dans cet exemple, la texture 11 comprend une troisième zone 50 comprenant la zone de bord d'attaque BA et située entre les première 30 et deuxième 40 zones. La troisième zone 50 complète la plateforme au niveau du bord d'attaque en assurant la présence d'un renfort tissé dans cette zone. La troisième zone 50 peut être symétrique par rapport à la zone de bord d'attaque BA comme illustré.
Dans l'exemple illustré, des premiers fils additionnels 12a et 12b ont été ajoutés dans la troisième zone 50 sur chaque face de la texture 11. Les premiers fils additionnels 12a et 12b sont distincts des premiers fils qui sont tissés avec des deuxièmes fils dans la première portion 10. Les fils 12a sont présents sur la face avant de la texture 11 et les fils 12b sur la face arrière de la texture 11. Les premiers fils additionnels 12a, 12b peuvent être uniquement présents dans la troisième zone 50 et absents des première 30 et deuxième 40 zones. La troisième zone 50 peut correspondre à la zone où les premiers fils additionnels 12a, 12b sont présents. Les

fils additionnels 12a, 12b sont tissés uniquement dans la deuxième portion 200 afin de former le prolongement textile 25a, 25b des parties tissées 24 et 28. Ainsi, les premiers fils additionnels 12a sont tissés, dans la deuxième portion 200, avec la première fraction 22 de deuxièmes fils définissant ainsi le prolongement 25a de la première partie 24. La première fraction 22 des deuxièmes fils, qui est tissée avec les premiers fils pour former la première partie 24, est tissée au-delà de la zone de bord d'attaque BA non plus avec les premiers fils mais avec une première fraction 12a des premiers fils additionnels afin de définir le prolongement 25a de la première partie 24. Il y a continuité textile entre la première partie 24 et son prolongement 25a. Le prolongement 25a, présent sur la face avant de la texture, se recouvre dans l'exemple illustré avec la deuxième partie 28 qui est présente sur la face arrière de la texture 11. Le prolongement 25a est présent dans une première région 52 de la troisième zone 50 au niveau du plan de coupe IIE-IIE (voir figure 2E) située du côté de la deuxième zone 40. D'une manière similaire, les premiers fils additionnels 12b sont tissés, dans la deuxième portion 200, avec la deuxième fraction 26 de deuxièmes fils définissant ainsi le prolongement 25b de la deuxième partie 28. La deuxième fraction 26 des deuxièmes fils, qui est tissée avec les premiers fils pour former la deuxième partie 28, est tissée au-delà de la zone de bord d'attaque BA non plus avec les premiers fils mais avec une deuxième fraction 12b des premiers fils additionnels afin de définir le prolongement 25b de la deuxième partie 28. Il y a continuité textile entre la deuxième partie 28 et son prolongement 25b. Le prolongement 25b, présent sur la face arrière de la texture, se recouvre dans l'exemple illustré avec la première partie 24 qui est présente sur la face avant de la texture 11. Le prolongement 25b est situé dans une deuxième région 54 de la troisième zone 50 au niveau du plan de coupe IID-IID (voir figure 2D) qui est située du côté de la première zone 30. Les prolongements 25a et 25b sont obtenus par tissage tridimensionnel des premiers fils additionnels 12a, 12b et des deuxièmes fils dans la deuxième portion 200. On notera que l'armure de tissage entre le prolongement 25a, 25b et la partie 24, 28 qu'il prolonge peut être identique ou évolutive. Les prolongements 25a et 25b peuvent comme illustré avoir une longueur identique, la longueur étant mesurée le long de l'axe d'élongation des deuxièmes fils. On ne sort pas du cadre de l'invention si ces prolongements 25a et 25b ont des

longueurs différentes. Les fils additionnels 12a et 12b ne sont pas tissés avec les deuxièmes fils dans la première portion 10. Ils forment ainsi des couches de fils unidirectionnelles 12a et 12b, dans la continuité textile des prolongements 25a et 25b, qui s'étendent transversalement, par exemple perpendiculairement, à la première portion 10 et respectivement présentes sur la face avant et sur la face arrière de la texture 11. Dans l'exemple de la figure 2, chacune des première 24 et deuxième 28 parties s'étend jusqu'à la zone de bord d'attaque BA et les prolongements 25a et 25b s'étendent chacun depuis la zone de bord d'attaque BA. Les prolongements 25a et 25b sont présents de part et d'autre de la zone de bord d'attaque BA. L'invention n'est toutefois pas limitée à cet aspect, les parties 24 et 28 pouvant s'arrêter avant la zone BA comme il sera décrit dans la suite. Les figures 2A-2F illustrent les agencements de fils selon différents plans de coupe de la texture 11.

L'exemple qui vient d'être décrit, en lien avec les figures 2 et 2A à 2F, concerne le cas où les première 24 et deuxième 28 parties s'étendent jusqu'à la zone de bord d'attaque BA. La figure 3 illustre une variante, sur le même principe que la figure 2, mais dans laquelle les parties 24, 28 ne s'étendent plus exactement jusqu'à la zone de bord d'attaque BA mais s'arrêtent au voisinage de cette zone à une distance non nulle d'au plus cinq plans de l'armure de tissage.

La figure 3 montre ainsi une vue de la coupe obtenue au niveau de la zone de bord d'attaque BA dans laquelle les premiers fils additionnels 12a, 12b sont présents afin de former les prolongements tissés 25c, 25d respectivement des première 24 et deuxième 28 parties. Dans l'exemple de la figure 3, les prolongements 25c, 25d se recouvrent localement sur la zone de bord d'attaque BA. On constate la présence de premiers fils non tissés 14 dans la deuxième portion au niveau de la zone de bord d'attaque BA.

La figure 3 montre un recouvrement localisé des prolongements 25c, 25d sur la zone de bord d'attaque BA avec une étendue assez limitée. D'autres configurations sont possibles pour lesquelles ces prolongements peuvent se recouvrir sur une zone plus large autour de la zone de bord d'attaque BA, comme il va à présent être décrit en lien avec la figure 4.

L'exemple de texture 111 de la figure 4 se base sur le même principe que celui de la figure 2 mais les parties 24, 28, présentes dans la deuxième portion 202, ne s'étendent pas dans la troisième zone 502 dans laquelle les premiers fils additionnels 12a, 12b sont présents. La première fraction 12a des premiers fils additionnels est tissée avec la première fraction 22 des deuxièmes fils, dans la deuxième portion 202, afin de définir le prolongement tissé 25e de la première partie 24. Le prolongement 25e est obtenu par tissage tridimensionnel et est dans la continuité textile de la première partie 24. Le prolongement 25e est présent sur la face avant de la texture. Le prolongement 25e est présent uniquement dans la troisième zone 502. De manière similaire, la deuxième fraction 12b des premiers fils additionnels est tissée avec la deuxième fraction 26 des deuxièmes fils, dans la deuxième portion 202, afin de définir le prolongement tissé 25f de la deuxième partie 28. Le prolongement 25f est obtenu par tissage tridimensionnel et est dans la continuité textile de la deuxième partie 28. Le prolongement 25f est présent sur la face arrière de la texture 111. Le prolongement 25f est présent uniquement dans la troisième zone 502. Les prolongements 25e et 25f peuvent être présents sur l'intégralité de la troisième zone 502. Dans l'exemple illustré, les prolongements 25e et 25f se recouvrent, ils peuvent se recouvrir intégralement comme illustré. En outre selon cet exemple, le prolongement 25e ne se recouvre pas avec la deuxième partie 28 et le prolongement 25f ne se recouvre pas avec la première partie 24. Dans l'exemple de la figure 4, chaque prolongement 25e et 25f s'étend de part et d'autre de la zone de bord d'attaque BA sur une face respective de la texture 111. Comme dans le cas de la figure 2, les premiers fils additionnels 12a et 12b ne sont pas tissés avec les deuxièmes fils dans la première portion 10, résultant en la présence de couches unidirectionnelles de fils sur chacune des faces de la texture 111. Dans la deuxième portion 202 et dans la troisième zone 502, les premiers fils qui sont tissés avec les deuxièmes fils dans la première portion 10 ne sont plus tissés. Comme plus haut, les prolongements 25e et 25f peuvent ou non présenter la même armure de tissage que les première 24 et deuxième 28 parties, respectivement. Au-delà de la troisième zone 502, il y a présence de deuxièmes fils 22 et 26 pendants dans la deuxième portion 202.

On vient de décrire, en lien avec les figures 2 à 4, des exemples dans lesquels il y a présence de premiers fils additionnels 12a, 12b sur chaque face avant et arrière de la texture fibreuse de sorte à former des prolongements des parties d'élément de plateforme sur chacune de ces faces. On ne sort néanmoins pas du cadre de l'invention si les premiers fils additionnels sont présents seulement sur une face de la texture et forment le prolongement textile sur cette face seulement.
Par ailleurs, les exemples des figures 1 à 4 s'attachent à décrire des textures formant, en une seule pièce de tissu, la préforme de profil aérodynamique de l'aube et de l'élément de plateforme, cette texture produisant ou non à elle seule une plateforme complète au niveau de la zone de bord d'attaque BA en fonction des modes de réalisation. On va maintenant décrire en lien avec les figures 5 et 5A à 5F, un autre exemple de texture 1111 selon l'invention qui est davantage fonctionnalisée et intègre une première structure fibreuse formant préforme de profil et d'élément de plateforme, ainsi qu'une deuxième structure fibreuse tissée avec la première structure qui permet en plus de former la préforme d'un élément d'accrochage de l'aube.

La texture 1111 de la figure 5 comprend des troisièmes et quatrièmes fils tissés avec les premiers et deuxièmes fils dans la première portion 100 sur les première 300 et deuxième 400 zones. Les premiers et deuxièmes fils forment une première texture fibreuse 70 obtenue par tissage tridimensionnel formant la préforme d'un élément de plateforme de l'aube et du profil aérodynamique. Les troisièmes et quatrièmes fils forment une deuxième texture fibreuse 80, distincte de la première texture fibreuse 70, obtenue par tissage tridimensionnel formant la préforme d'un élément d'accrochage de l'aube. Dans la figure 5, les troisièmes fils s'étendent verticalement et les quatrièmes fils horizontalement. Les première 70 et deuxième 80 textures fibreuses sont déliées à partir de la deuxième portion 204. On réalise ainsi une déliaison radiale DR de sorte à délier les premiers et deuxièmes fils, d'une part, qui forment par tissage la préforme de l'élément de plateforme des troisièmes et quatrièmes fils, d'autre part. Les troisièmes et quatrièmes fils sont tissés par tissage tridimensionnel dans la deuxième portion 204 et forment au-delà de la deuxième

portion 204 une troisième portion 60 formant la préforme d'une partie d'accrochage de l'aube. Dans la troisième portion 60, les troisièmes et quatrièmes fils peuvent former un tissu similaire à celui formé par les premiers et deuxièmes fils dans la deuxième portion 20 de la figure 1. Ainsi, la troisième portion 60 peut présenter une déliaison D1 qui sépare une première partie 64 de la préforme de l'élément d'accrochage, obtenue par tissage tridimensionnel de troisièmes et quatrièmes fils, d'une deuxième partie 68 de la préforme de l'élément d'accrochage, obtenue par tissage tridimensionnel de troisièmes et quatrièmes fils. Dans l'exemple illustré, la déliaison D1 est située sur la zone de bord d'attaque BA. La déliaison D1 forme une discontinuité dans le tissage de la troisième portion 60 définissant deux parties distinctes 64 et 68 de la préforme de l'élément d'accrochage. La première partie 64 s'étend sur la première zone 300 et la deuxième partie 68 sur la deuxième zone 400. Dans la troisième portion 60, une première fraction 62 de quatrièmes fils est tissée par tissage tridimensionnel avec les troisièmes fils sur la première zone 300 et n'est pas tissée avec les troisièmes fils sur la deuxième zone 400. La figure 5 illustre ainsi la présence de quatrièmes fils pendants 62 de la première fraction au-delà de la première zone 300, non tissés avec les troisièmes fils. De manière similaire, la texture 1111 présente, dans la troisième portion 60, une deuxième fraction 66 de quatrièmes fils, distincte de la première fraction 62, qui est tissée par tissage tridimensionnel avec les troisièmes fils sur la deuxième zone 400 et qui n'est pas tissée avec les troisièmes fils sur la première zone 300. La figure 5 illustre ainsi la présence de quatrièmes fils 66 pendants de la deuxième fraction au-delà de la deuxième zone 400, non tissés avec les troisièmes fils. Le nombre de quatrièmes fils dans la première fraction peut être identique ou différent du nombre de quatrièmes fils dans la deuxième fraction. En outre, le nombre de quatrièmes fils tissés dans la troisième portion 60 peut être supérieur au nombre de quatrièmes fils tissés dans la deuxième portion 204, par exemple supérieur ou égal à une fois et demi, voire au double, du nombre de quatrièmes fils tissés dans la deuxième portion 204. L'armure de tissage entre les troisièmes et quatrièmes fils dans la troisième portion 60 peut ou non être différente de l'armure de tissage entre les troisièmes et quatrièmes fils dans la deuxième portion 204.

Concernant maintenant la première texture fibreuse 70, on retrouve une structure similaire à celle de la figure 4 à la différence que des premiers fils supplémentaires 120a sont présents dans une zone intermédiaire 504 située entre les première 300 et deuxième 400 zones qui est adjacente à la zone de bord d'attaque BA mais ne comprend pas cette dernière dans l'exemple illustré, et que ces premiers fils supplémentaires 120a ne sont présents que sur la face avant de la texture 1111. Les premiers fils supplémentaires 120a peuvent être uniquement présents dans la zone intermédiaire 504 et absents des première 300 et deuxième 400 zones. La zone intermédiaire 504 peut correspondre à la zone où sont présents les premiers fils supplémentaires 120a. Dans la deuxième portion 204, la première texture fibreuse 70 présente une première fraction 22 de deuxièmes fils tissés avec les premiers fils pour former la première partie 24 de la préforme de l'élément de plateforme sur la première zone 300. A partir de la zone intermédiaire, cette première fraction 22 des deuxièmes fils est tissée non plus avec les premiers fils mais avec les premiers fils supplémentaires 120a afin de définir un prolongement 240 de la première partie 24. Il y a continuité textile entre la première partie 24 et son prolongement 240. Le prolongement 240 recouvre dans l'exemple illustré la deuxième partie 28 qui est formée par tissage tridimensionnel d'une deuxième fraction de deuxièmes fils avec les premiers fils. On notera que l'armure de tissage entre le prolongement 240 et la partie tissée 24 peut être identique ou évolutive. Les premiers fils supplémentaires 120a sont tissés uniquement dans la deuxième portion 204 afin de former le prolongement textile 240 de la première partie tissée 24. Les fils supplémentaires 120a ne sont en particulier pas tissés avec les deuxièmes fils dans la première portion 100, ni avec les troisièmes ou quatrièmes fils. Dans l'exemple illustré, le prolongement textile 240 s'étend depuis la zone de bord d'attaque BA. On vient de décrire un exemple où l'on réalise le prolongement de la première partie tissée 24 mais on ne sort bien entendu pas du cadre de l'invention dans un cas symétrique où l'on réalise le prolongement de la deuxième partie tissée lequel serait recouvert par la première partie tissée. Les figures 5A-5F illustrent les agencements de fils selon différents plans de coupe de la texture 1111.

Plusieurs exemples de textures selon l'invention ont été décrits en lien avec les figures 1 à 5F. D'une manière générale, les fils formant la texture fibreuse peuvent être en céramique, notamment en carbure de silicium (SiC), ou en carbone. La description s'attache à décrire la suite des étapes permettant d'obtenir l'aube de turbomachine à partir de la texture fibreuse.

La texture est mise en forme autour d'une forme de sorte à former le profil aérodynamique de l'aube à obtenir puis les premières et deuxièmes parties de la préforme de l'élément de plateforme sont rabattues de sorte à former le renfort de plateforme. La première portion définit un profil aérodynamique creux de l'aube définissant dans celle-ci un passage longitudinal interne s'étendant le long de la direction radiale. Dans le cas d'une aube de distributeur le passage longitudinal interne est destiné à être traversé par le flux d'air de refroidissement. Le passage longitudinal peut recevoir un mât métallique permettant de reprendre les efforts mécaniques. L'intrados et l'extrados délimitent le passage longitudinal. Le passage longitudinal est présent entre l'intrados et l'extrados. Dans le cas de la texture de la figure 5, les première et deuxième parties de la préforme de la partie d'accrochage sont rabattues lorsque la première portion est mise à la forme du profil aérodynamique à obtenir.

Les fils pendants peuvent ensuite être découpés puis on peut procéder à la formation de la matrice dans la porosité de la texture fibreuse ainsi mise en forme. La matrice peut être formée, en tout ou partie, par infiltration chimique en phase vapeur, ou par voie liquide. La technique de voie liquide peut être une infiltration à l'état fondu (« Melt-Infiltration » ; « MI ») ou une technique d'imprégnation et de pyrolyse de polymère (« Polymer Impregnation Pyrolysis » ; « PIP »). La formation de la matrice céramique par les techniques évoquées est connue en soi. On notera que l'on peut utiliser une combinaison de ces techniques pour former la matrice. La matrice peut comporter du carbure de silicium, par exemple.

On obtient, après formation de la matrice, une aube fixe de distributeur de turbine d'une turbomachine, par exemple un turbomoteur aéronautique. L'aube est en matériau CMC et peut comprendre une pale et des plateformes intérieure et

extérieure, les termes « intérieur » et « extérieur » sont utilisés par rapport à la direction radiale. La face extérieure de la plateforme intérieure et la face intérieure de la plateforme extérieure sont destinées à délimiter la veine d'écoulement de gaz dans le distributeur après montage de l'aube dans le distributeur. On peut obtenir le distributeur de turbine en montant un ensemble d'aubes telles que décrites ci-avant dans un carter de turbine.

On a décrit le cas de la fabrication d'une aube de distributeur mais l'invention peut se généraliser à la formation d'une aube quelconque, par exemple d'aube mobile, ne comprenant qu'une seule plateforme. Auquel cas, on peut après obtention du profil aérodynamique creux, insérer dans la cavité un longeron formant partie de pied afin d'obtenir l'aube mobile.

Revendications

[Revendication 1] Texture fibreuse (1 ; 11 ; 111 ; 1111) tissée par tissage tridimensionnel destinée à former le renfort fibreux d'une aube de turbomachine, la texture comprenant une première portion (10 ; 100) formant préforme de profil aérodynamique de l'aube et au moins une deuxième portion (20 ; 200 ; 202 ; 204) formant préforme d'un élément de plateforme de l'aube, et la texture comprenant des première (30 ; 300) et deuxième (40 ; 400) zones présentes de part et d'autre d'une zone de bord d'attaque (BA), les première et deuxième zones s'étendant transversalement aux première et deuxième portions, des premiers et deuxièmes fils étant tissés dans la première portion sur les première et deuxième zones,
la texture étant caractérisée en ce qu'elle présente dans chaque deuxième portion : (i) une première fraction (22) des deuxièmes fils tissée avec les premiers fils sur la première zone et non tissée avec les premiers fils sur la deuxième zone définissant ainsi une première partie (24) de la préforme de l'élément de plateforme sur la première zone, et (ii) une deuxième fraction (26) des deuxièmes fils tissée avec les premiers fils sur la deuxième zone et non tissée avec les premiers fils sur la première zone définissant ainsi une deuxième partie (28) de la préforme de l'élément de plateforme sur la deuxième zone qui est déliée de la première partie.

[Revendication 2] Texture fibreuse (11 ; 111 ; 1111) selon la revendication 1, dans laquelle la zone de bord d'attaque (BA) est recouverte, dans chaque deuxième portion (20 ; 202 ; 204), par l'une au moins des première (24) et deuxième (28) parties de l'élément de plateforme et/ou par au moins un prolongement d'une de ces parties formé par tissage de premiers fils additionnels (12a ; 12b) avec l'une au moins des première (22) et deuxième (26) fractions de deuxièmes fils, les premiers fils additionnels n'étant pas tissés avec les deuxièmes fils dans la première portion (10).

[Revendication 3] Texture (1 ; 111) fibreuse selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle la texture comprend en outre une troisième zone (50 ; 502) comprenant la zone de bord d'attaque (BA) et située entre les première (30) et deuxième (40) zones, des premiers fils additionnels (12a ; 12b) étant présents dans la troisième zone sur au moins une face de la texture et étant, dans chaque deuxième portion

(200 ; 202), tissés avec l'une au moins des première (22) et deuxième (26) fractions de deuxièmes fils définissant ainsi un prolongement (25a-25f) de l'une au moins des première (24) et deuxième (28) parties de la préforme de l'élément de plateforme, et les premiers fils additionnels n'étant pas tissés avec les deuxièmes fils dans la première portion (10).

[Revendication 4] Texture (11 ; 111) selon la revendication 3, dans laquelle les premiers fils additionnels (12a ; 12b) sont présents sur chaque face de la texture et sont, dans chaque deuxième portion (200 ; 202), tissés avec les première (22) et deuxième (26) fractions de deuxièmes fils définissant ainsi des prolongements (25a-25f) des première (24) et deuxième (28) parties de la préforme de l'élément de plateforme.

[Revendication 5] Texture fibreuse (11) selon la revendication 4, dans laquelle les première (24) et deuxième (28) parties de la préforme de l'élément de plateforme se recouvrent respectivement dans la troisième zone (50) avec le prolongement (25a-25d) de la deuxième et de la première partie de la préforme de l'élément de plateforme.

[Revendication 6] Texture (11) selon la revendication 4 ou 5, dans laquelle les première (24) et deuxième (28) parties de la préforme de l'élément de plateforme s'étendent chacune jusqu'à la zone de bord d'attaque (BA) ou jusqu'au voisinage de la zone de bord d'attaque, à une distance d'au plus cinq plans d'armure de tissage de cette zone.

[Revendication 7] Texture (11) selon la revendication 6, dans laquelle les première (24) et deuxième (28) parties de la préforme de l'élément de plateforme s'étendent chacune jusqu'à la zone de bord d'attaque (BA).

[Revendication 8] Texture selon la revendication 6, dans laquelle les première (24) et deuxième (28) parties sont situées à une distance de la zone de bord d'attaque (BA) non nulle et inférieure ou égale à cinq plans d'armure de tissage, et dans laquelle les prolongements (25c ; 25d) des première et deuxième parties de la préforme de l'élément de plateforme se recouvrent sur la zone de bord d'attaque (BA).

[Revendication 9] Texture (1) fibreuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle la texture comprend deux deuxièmes portions (20) chacune formant préforme d'un élément de plateforme distinct de l'aube.

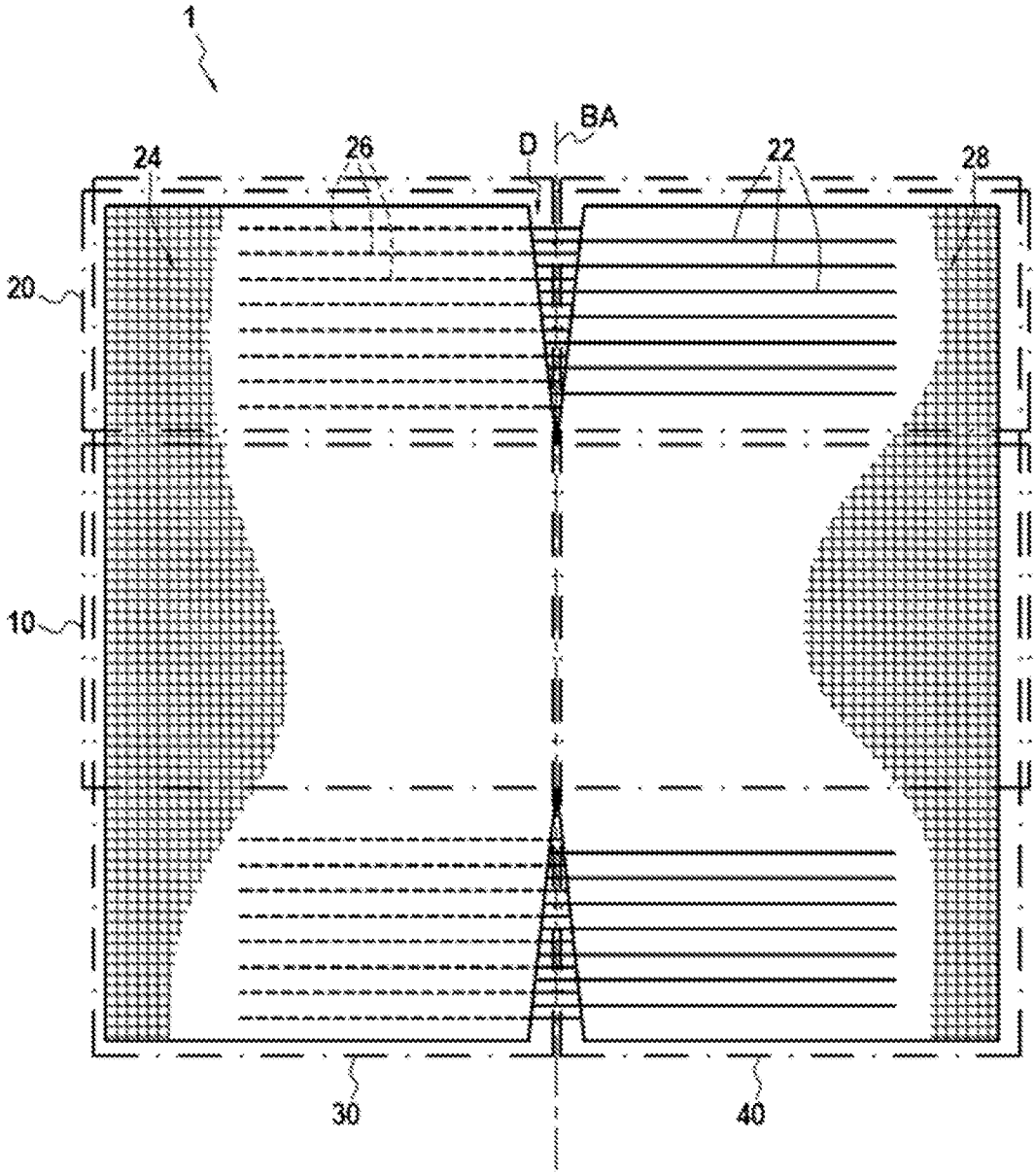
[Revendication 10] Texture (1111) fibreuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans laquelle la texture comprend en outre des troisièmes et quatrièmes fils tissés avec les premiers et deuxièmes fils dans la première portion (100) sur les première (300) et deuxième (400) zones, et étant déliés des premier et deuxième fils dans au moins une deuxième portion (204), les troisièmes et quatrièmes fils étant tissés dans ladite au moins une deuxième portion sur les première et deuxième zones, la texture comprenant en outre au-delà de ladite au moins une deuxième portion une troisième portion (60) formant préforme d'une partie d'accrochage de l'aube et s'étendant transversalement aux première et deuxième zones, la texture présentant dans la troisième portion : (i) une première fraction (62) des quatrièmes fils tissée avec les troisièmes fils sur la première zone et non tissée avec les troisièmes fils sur la deuxième zone définissant ainsi une première partie (64) de la préforme de l'élément d'accrochage sur la première zone, et (ii) une deuxième fraction (66) des quatrièmes fils tissée avec les troisièmes fils sur la deuxième zone et non tissée avec les troisièmes fils sur la première zone définissant ainsi une deuxième partie (68) de la préforme de la partie d'accrochage sur la deuxième zone qui est déliée de la première partie.

[Revendication 11] Texture fibreuse (1111) selon la revendication 10, dans laquelle la texture comprend en outre une zone intermédiaire (504) située entre les première (300) et deuxième (400) zones, des premiers fils supplémentaires (120a) étant présents dans la zone intermédiaire sur au moins une face de la texture et étant, dans chaque deuxième portion (204), tissés avec l'une au moins des première et deuxième fractions de deuxièmes fils définissant ainsi un prolongement (240) de l'une au moins des première (24) et deuxième (28) parties de la préforme de l'élément de plateforme, et les premiers fils supplémentaires n'étant pas tissés avec les deuxièmes fils dans la première portion.

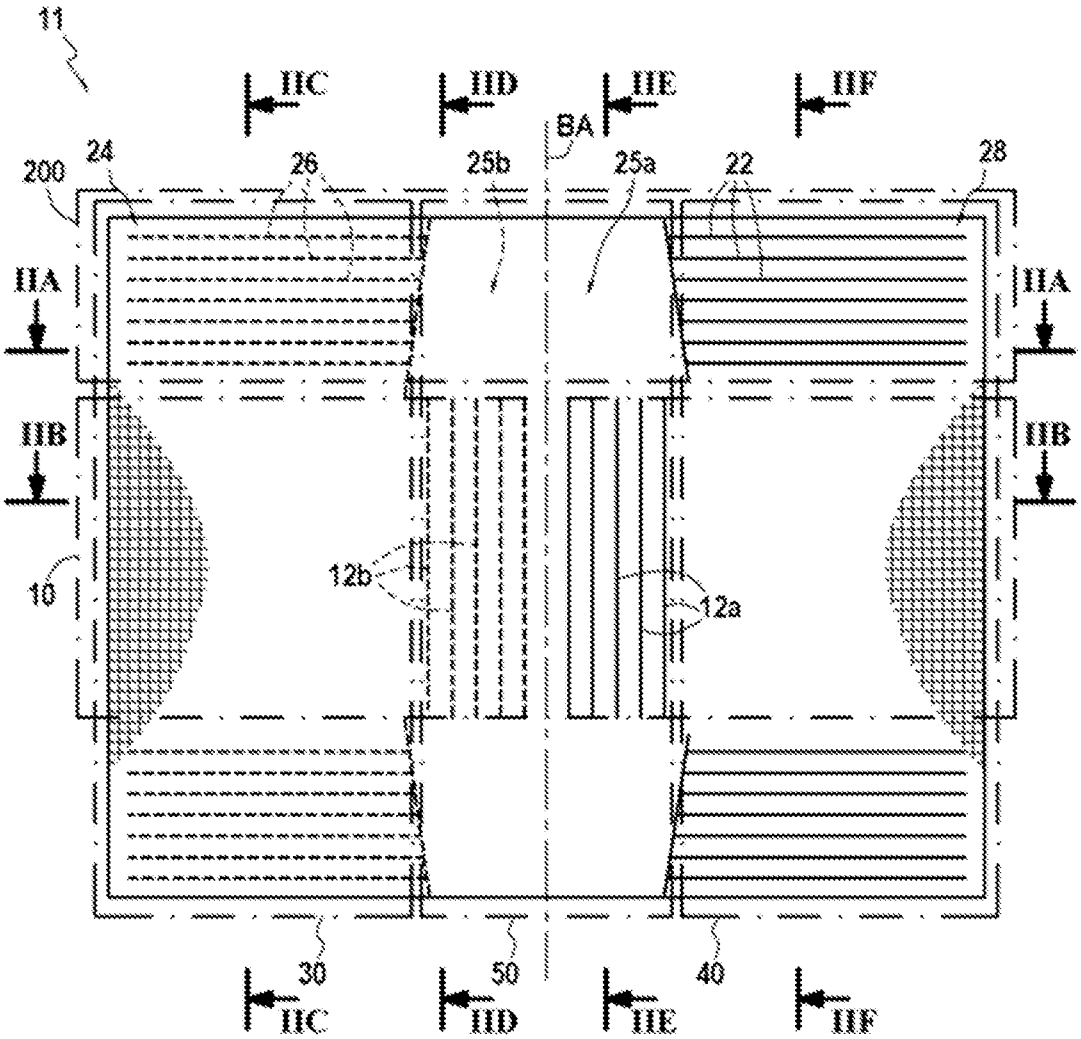
[Revendication 12] Procédé de fabrication d'une aube de turbomachine en matériau composite au moins :

- la mise en forme d'une texture fibreuse (1 ; 11 ; 111 ; 1111) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 autour d'une forme comprenant au moins le positionnement de la première portion (10 ; 100) sur la forme de sorte à former le profil aérodynamique de l'aube à obtenir et le déploiement des première (24) et deuxième (28) parties de la préforme de l'élément de plateforme, et
- la formation d'une matrice céramique dans la porosité de la texture ainsi mise en forme.

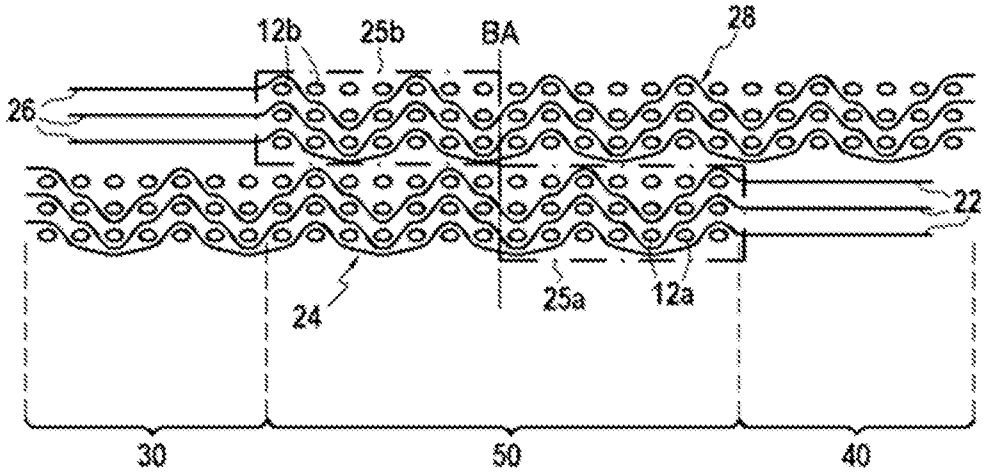
[Fig. 1]



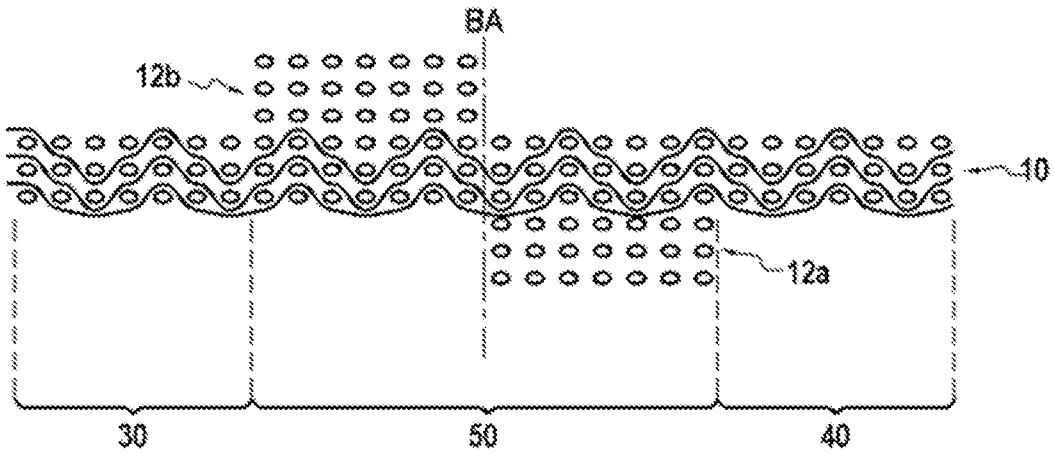
[Fig. 2]


11
IIC
IID
IIE
IIF
BA
24
26
25b
25a
22
28
200
IIA
IIB
12b
12a
10
30
50
40

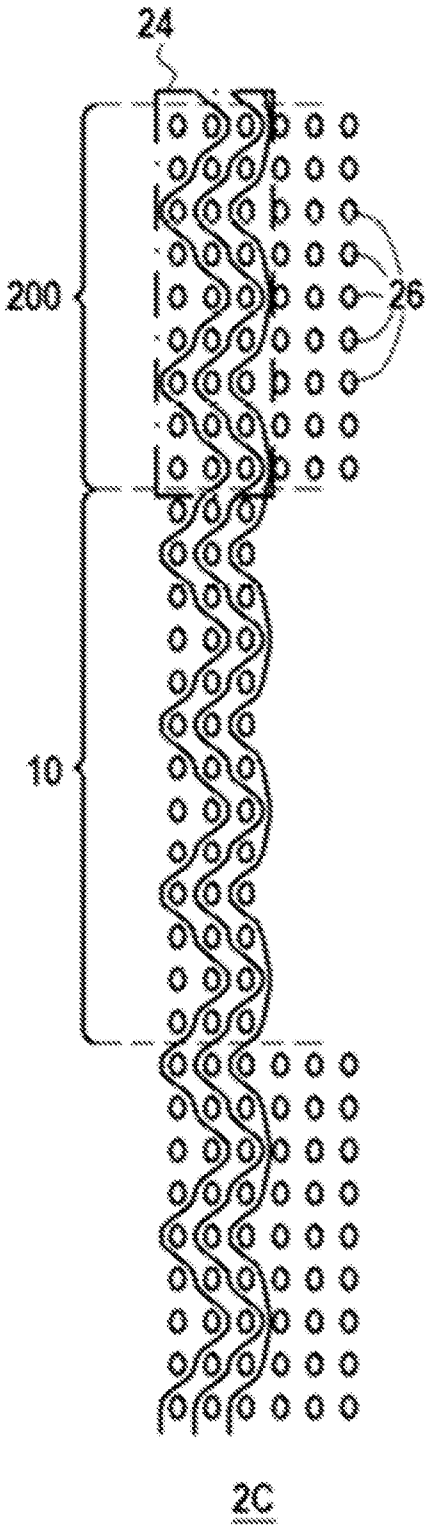
[Fig. 2A]



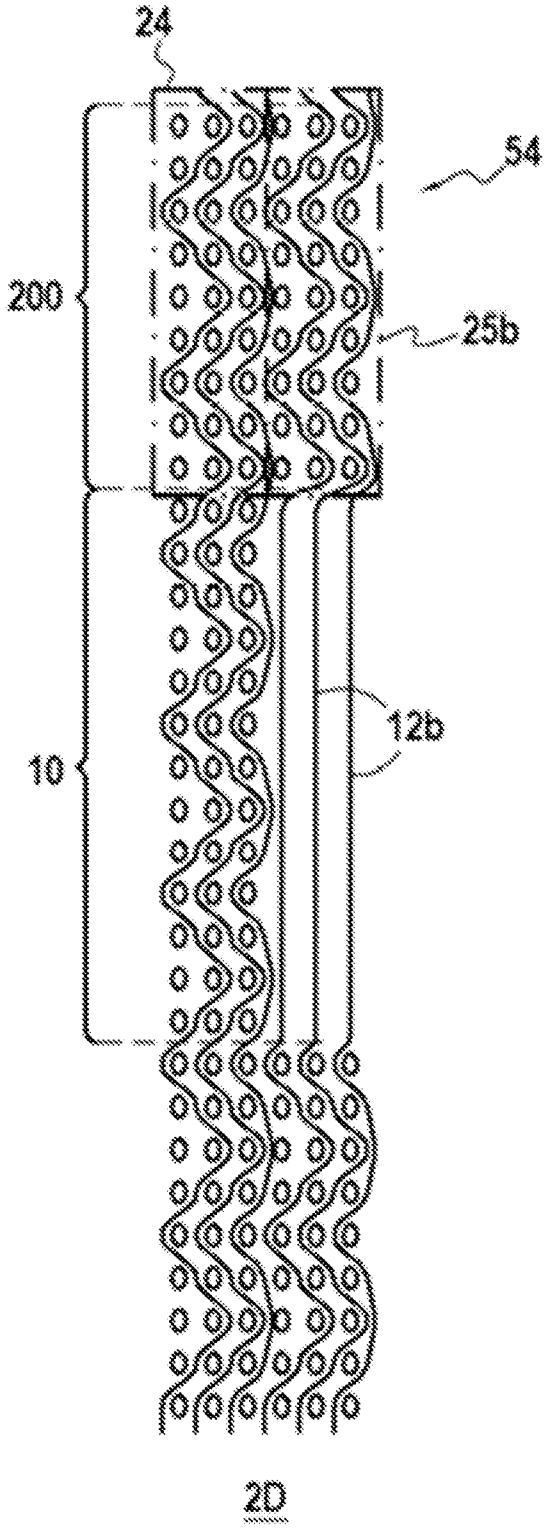
[Fig. 2B]



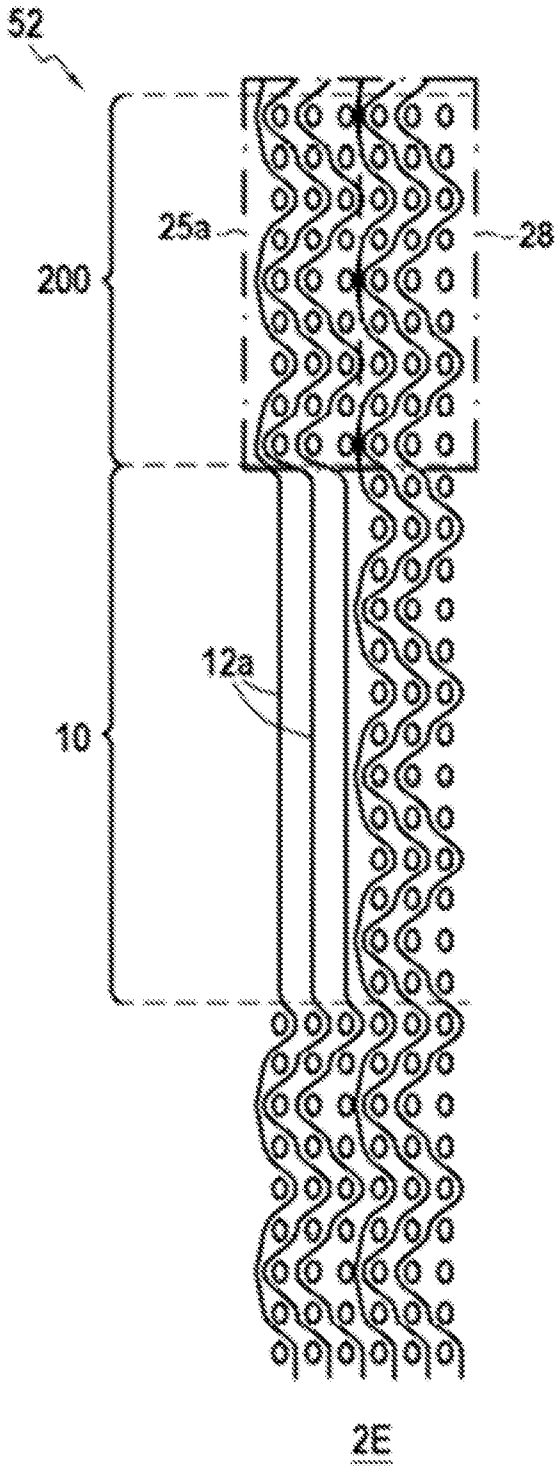
[Fig. 2C]



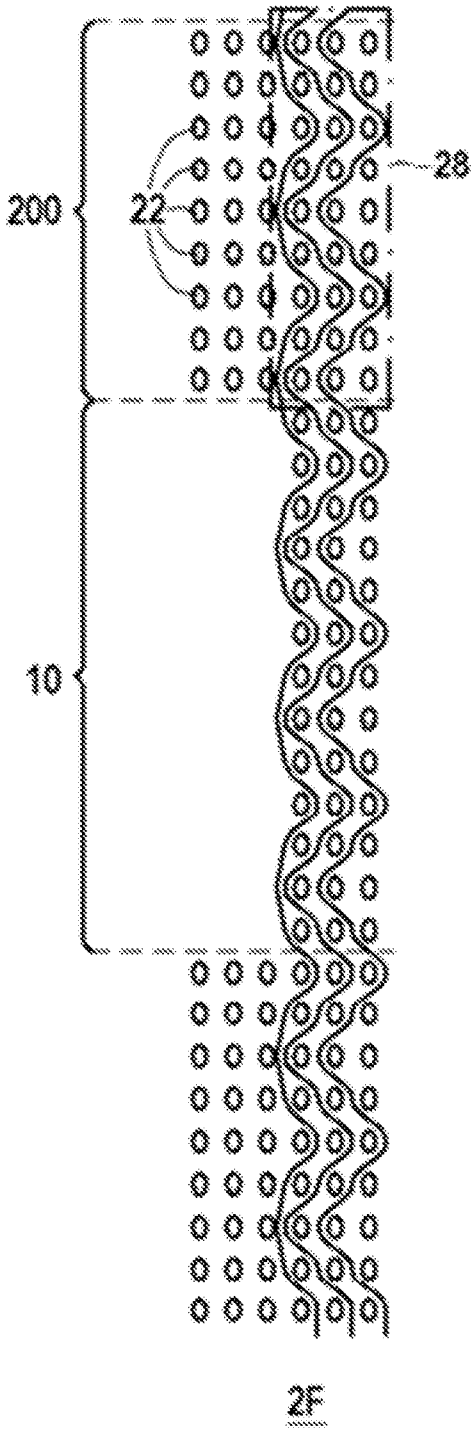
[Fig. 2D]



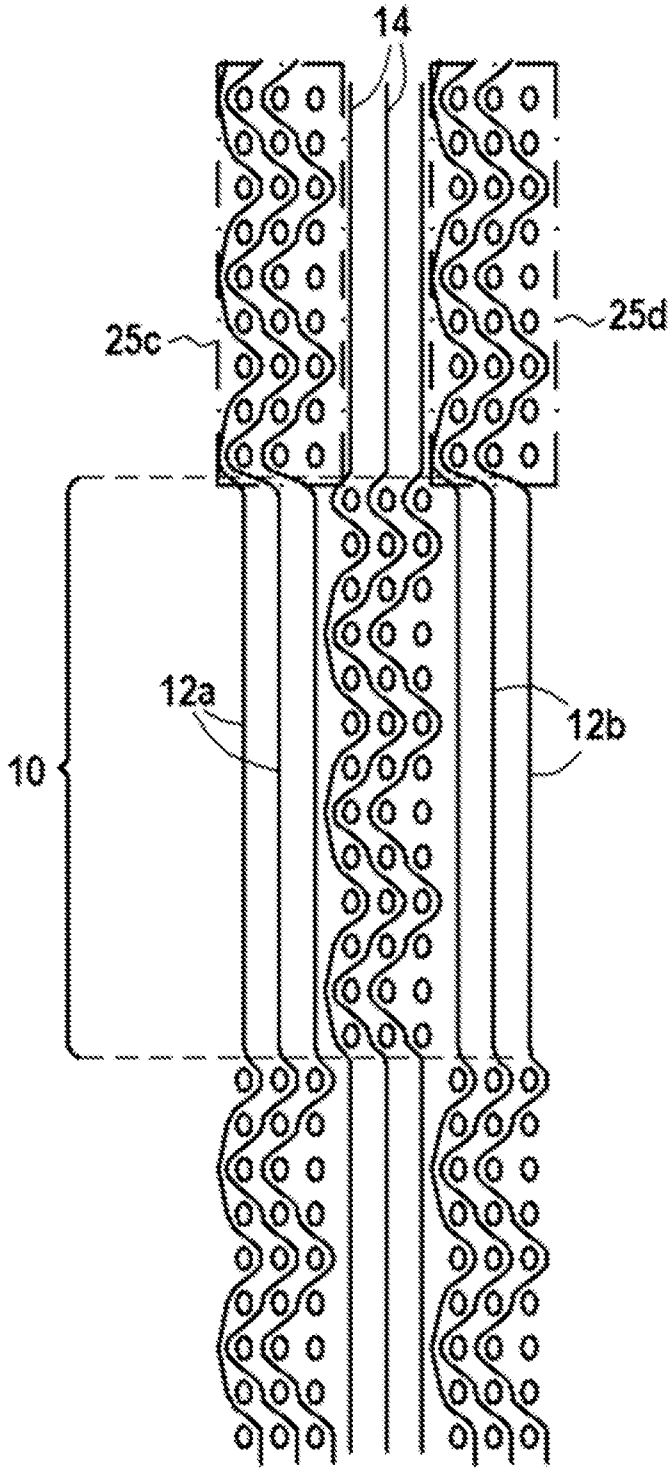
[Fig. 2E]



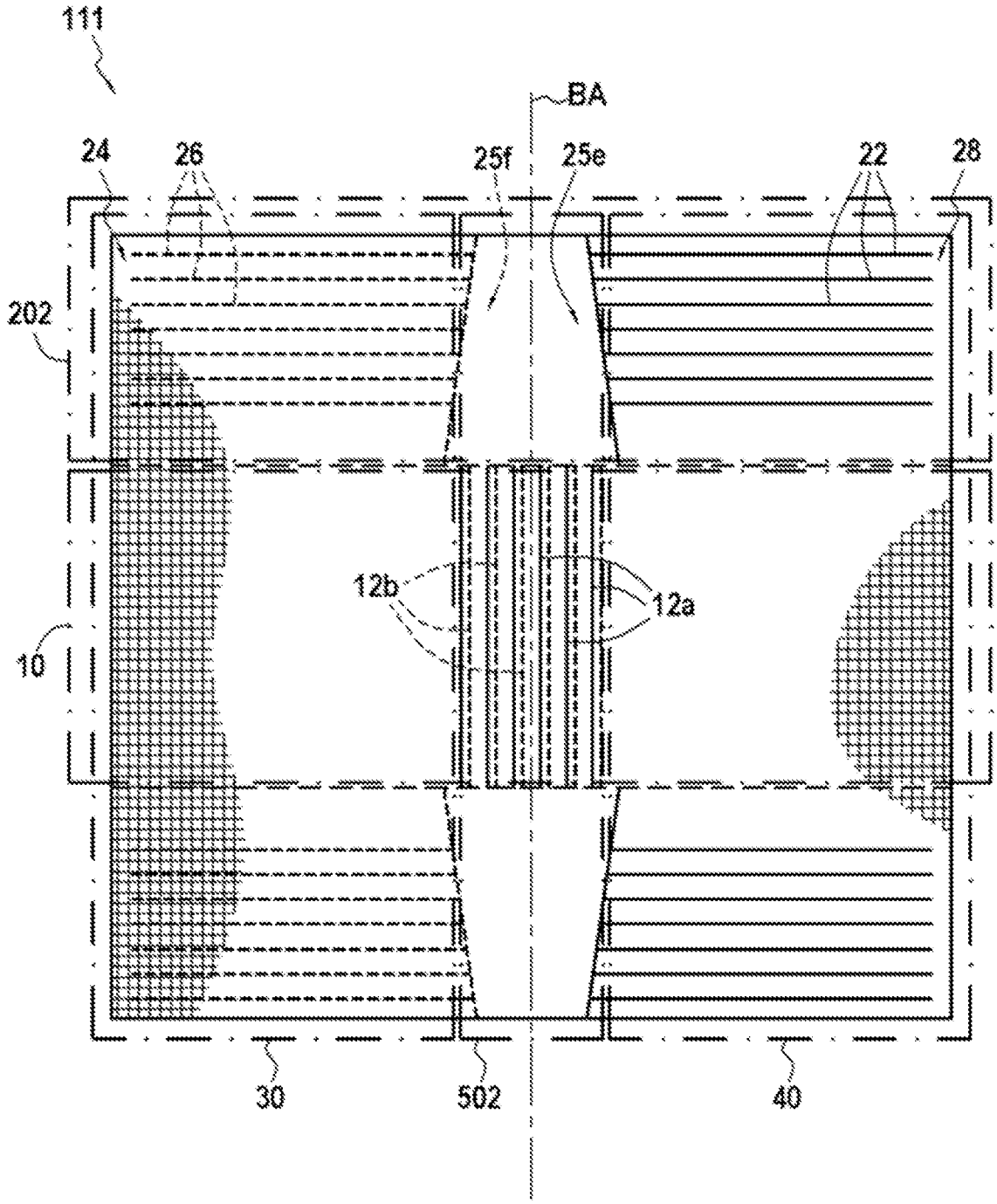
[Fig. 2F]



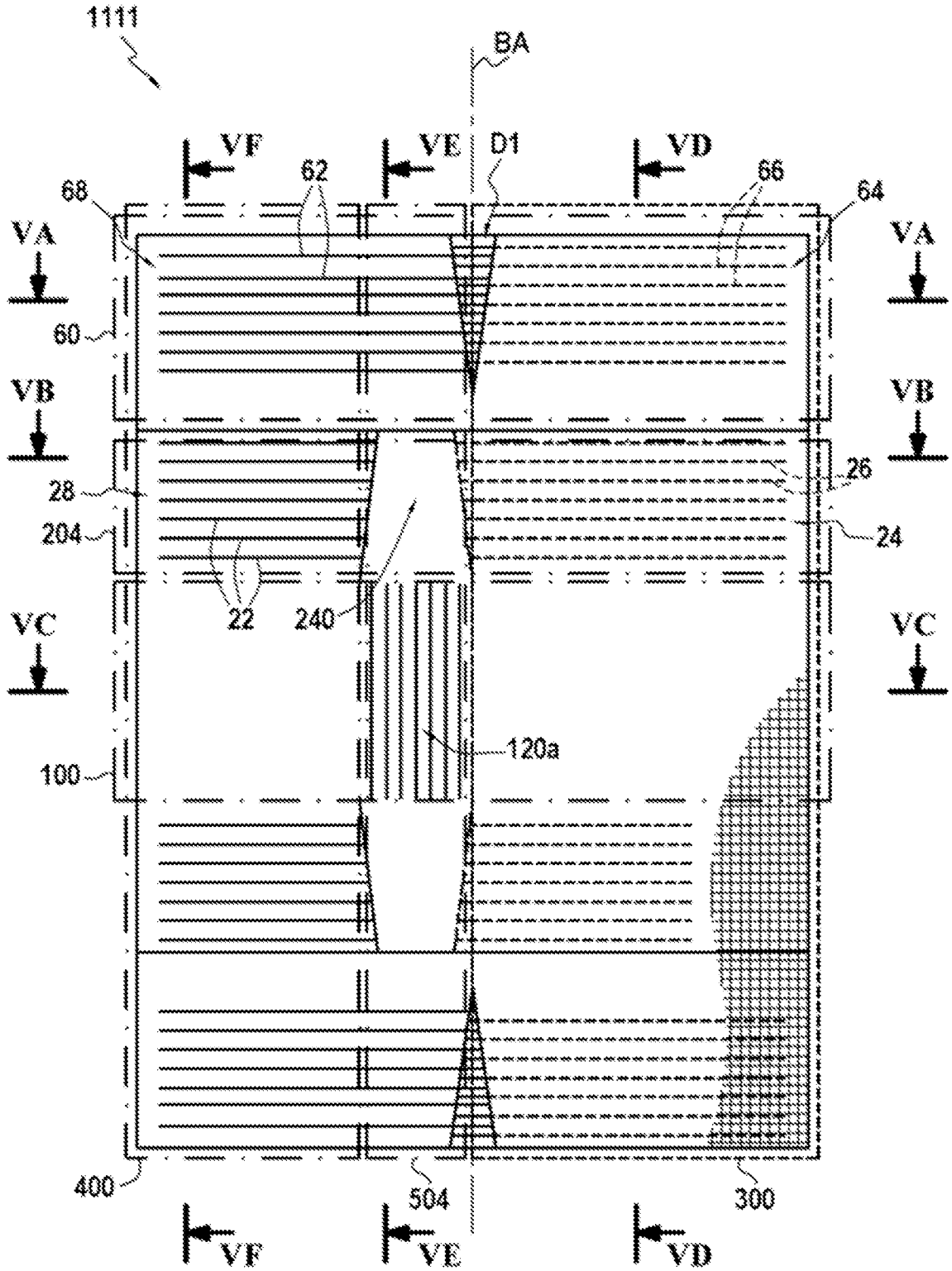
[Fig. 3]



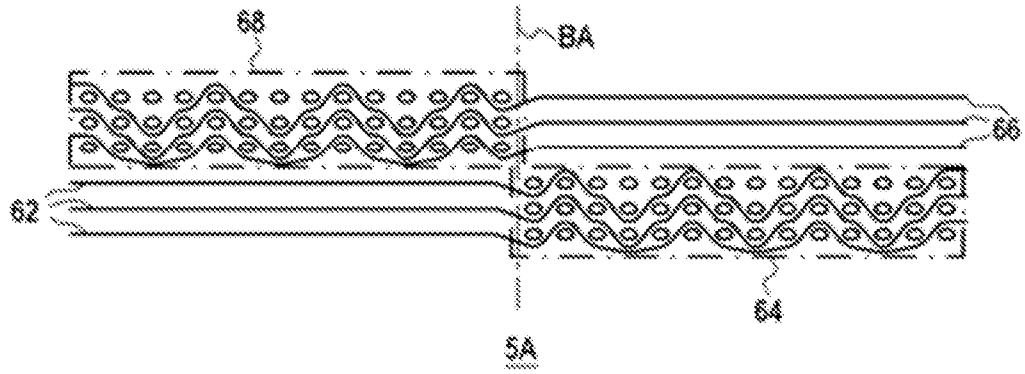
[Fig. 4]



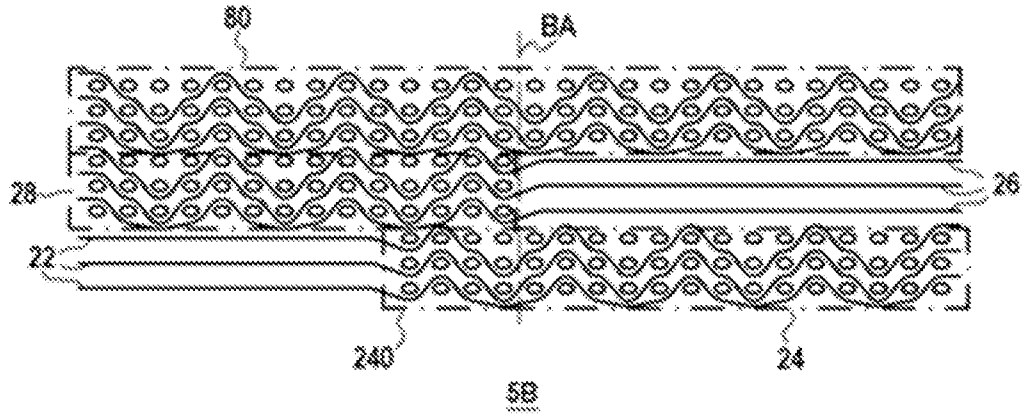
[Fig. 5]


1111
BA
VF
VE
D1
VD
62
66
64
68
VA
VA
60
VB
VB
26
28
24
204
22
240
VC
VC
120a
100
400
504
300
VF
VE
VD

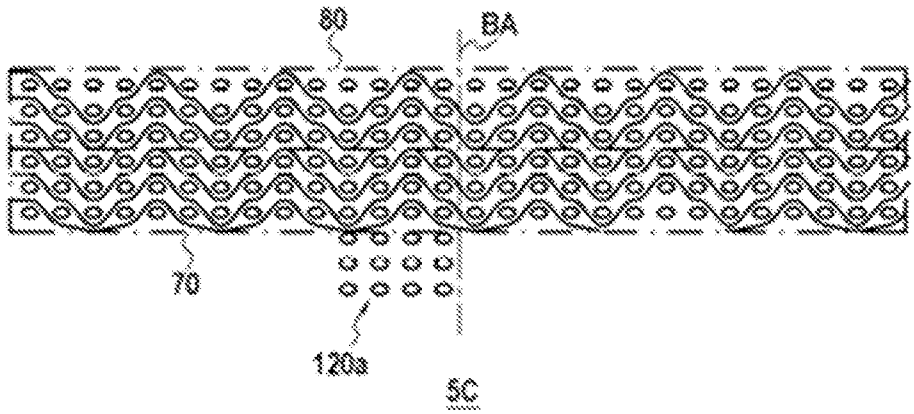
[Fig. 5A]



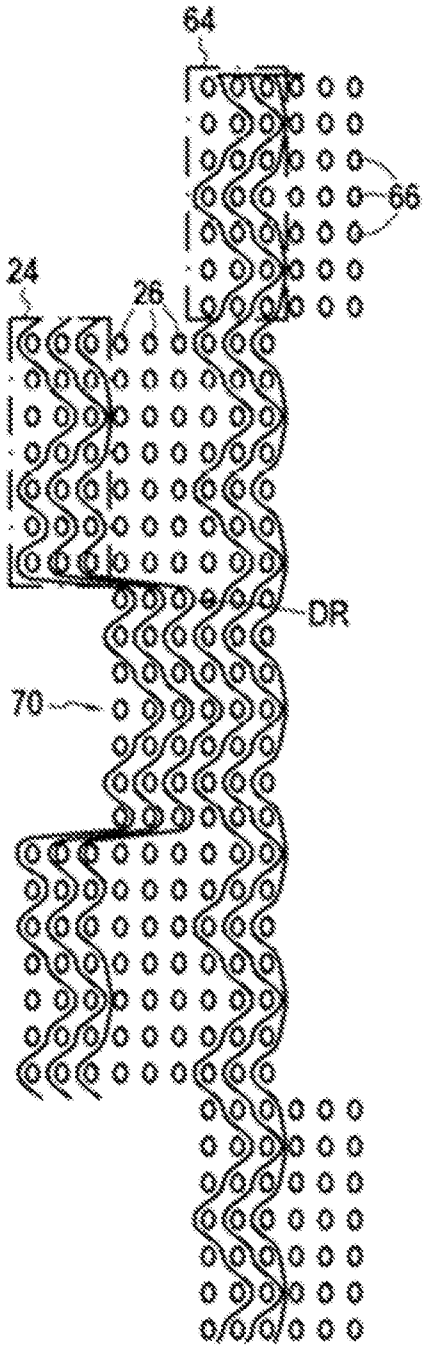
[Fig. 5B]



[Fig. 5C]

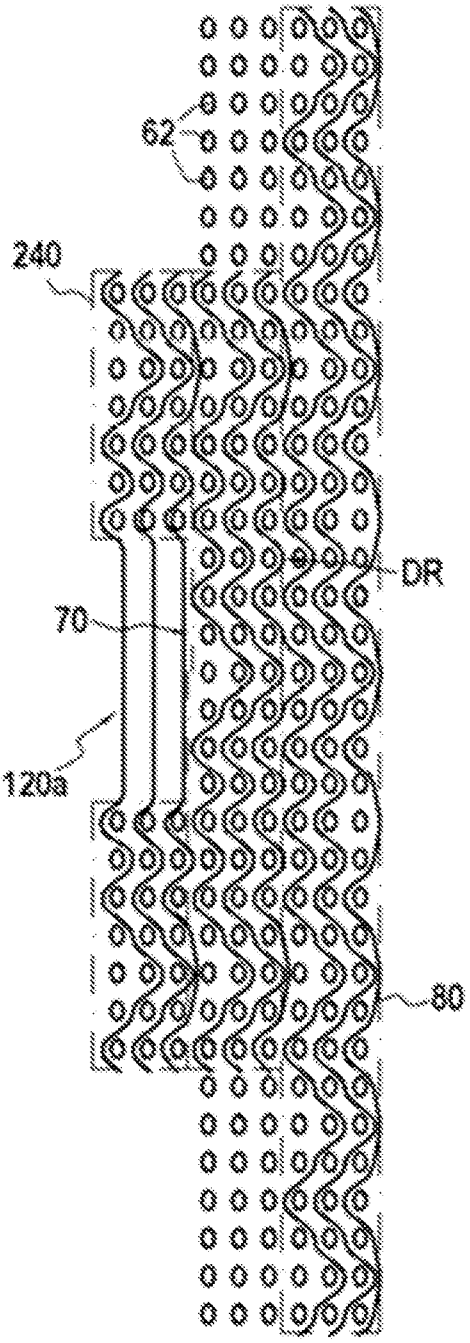


[Fig. 5D]



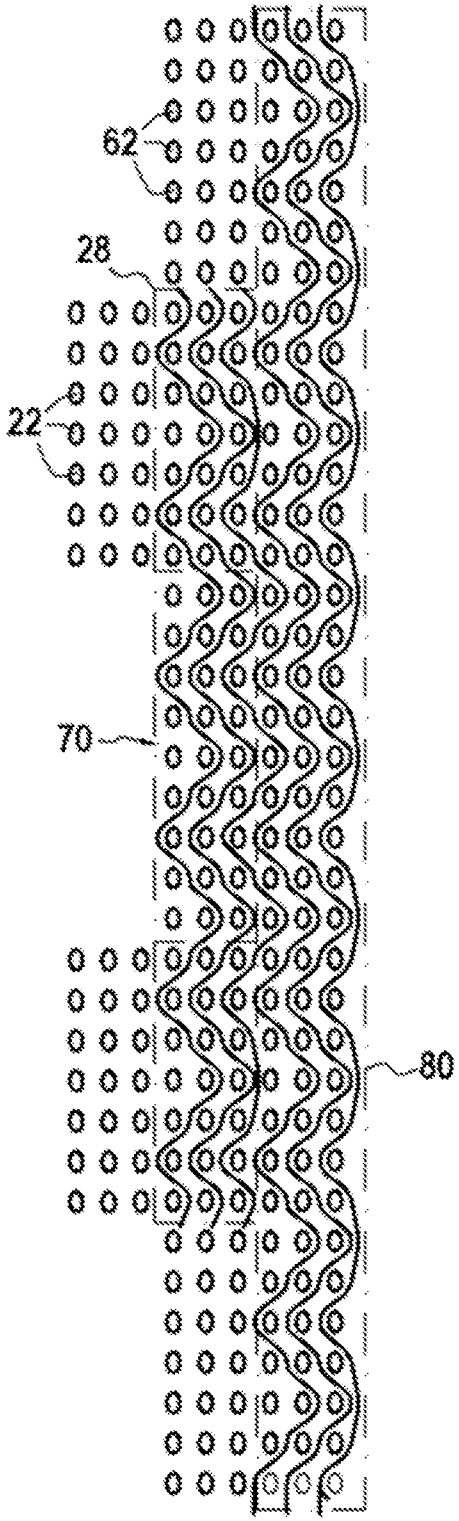
5D

[Fig. 5E]



5E

[Fig. 5F]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/FR2021/052012

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

D03D 25/00(2006.01)i; ***B29B 11/16***(2006.01)i; ***F01D 5/18***(2006.01)i; ***F01D 5/30***(2006.01)i

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)

D03D; F01D; B29B

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.
A	US 2018119549 A1 (VETTERS DANIEL K [US] ET AL) 03 May 2018 (2018-05-03) paragraphs [0005], [0082] - [0085], [0099], [0100]; figures 1-8	1-12
A	US 2020232331 A1 (ROUSSILLE CLÉMENT [FR] ET AL) 23 July 2020 (2020-07-23) paragraphs [0081] - [0095]; figures 1-21	1-12

☐ 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	Date of mailing of the international search report
26 January 2022	**24 February 2022**

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. **(+31-70)340-2040**
Facsimile No. **(+31-70)340-3016**

Authorized officer

Louter, Petrus

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/FR2021/052012

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2018119549 A1	03 May 2018	NONE	
US 2020232331 A1	23 July 2020	CN 106687662 A	17 May 2017
		EP 3146158 A1	29 March 2017
		FR 3021349 A1	27 November 2015
		JP 6563423 B2	21 August 2019
		JP 2017530281 A	12 October 2017
		US 2017198591 A1	13 July 2017
		US 2020232331 A1	23 July 2020
		WO 2015177473 A1	26 November 2015

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2021/052012

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. D03D25/00 B29B11/16 F01D5/18 F01D5/30
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)
D03D F01D B29B

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	US 2018/119549 A1 (VETTERS DANIEL K [US] ET AL) 3 mai 2018 (2018-05-03) alinéas [0005], [0082] - [0085], [0099], [0100]; figures 1-8	1-12
A	US 2020/232331 A1 (ROUSSILLE CLÉMENT [FR] ET AL) 23 juillet 2020 (2020-07-23) alinéas [0081] - [0095]; figures 1-21	1-12

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée
"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
"X" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
"Y" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
26 janvier 2022	21/02/2022

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Louter, Petrus

Formulaire PCT/ISA/210 (deuxième feuille) (avril 2005)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2021/052012

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2018119549 A1	03-05-2018	AUCUN	
US 2020232331 A1	23-07-2020	CN 106687662 A	17-05-2017
		EP 3146158 A1	29-03-2017
		FR 3021349 A1	27-11-2015
		JP 6563423 B2	21-08-2019
		JP 2017530281 A	12-10-2017
		US 2017198591 A1	13-07-2017
		US 2020232331 A1	23-07-2020
		WO 2015177473 A1	26-11-2015