

(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
29 septembre 2022 (29.09.2022)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2022/200711 A1

(51) Classification internationale des brevets :

D03D 25/00 (2006.01) D03D 1/00 (2006.01)
D03D 41/00 (2006.01) D03D 15/275 (2021.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2022/050453

(22) Date de dépôt international :

14 mars 2022 (14.03.2022)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

63/164,103 22 mars 2021 (22.03.2021) US

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

(72) Inventeurs : MARCHAL, Yann, Didier, Simon ; c/
o Safran, Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle,
Rond-point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRA-
MAYEL (FR). GIMAT, Matthieu, Arnaud ; c/o SA-
FRAN, Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-
point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL
(FR). COUPE, Dominique, Marie, Christian ; c/o Sa-
fran, Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-
point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL

(FR). FOY, Monica ; c/o Albany International Corp., 216
Airport Drive, Rochester, New Hampshire 03867 (US).

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

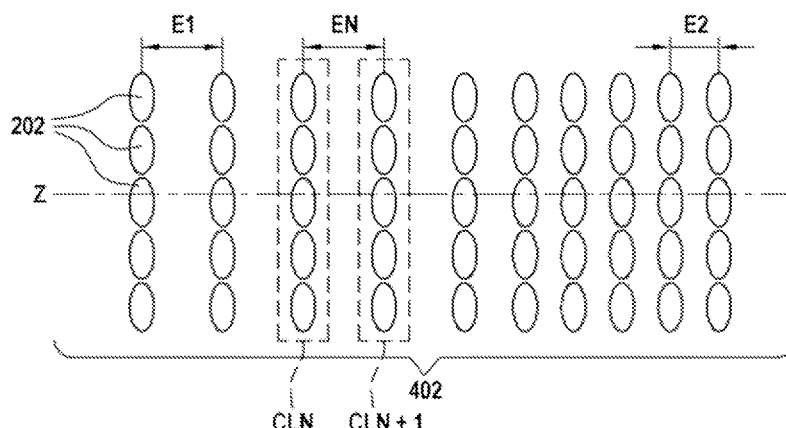
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, 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), 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

(54) Title: METHOD FOR OPTIMIZING THE THREE-DIMENSIONAL WEAVING OF A FIBROUS STRUCTURE

(54) Titre : PROCÉDE D'OPTIMISATION DU TISSAGE TRIDIMENSIONNEL D'UNE STRUCTURE FIBREUSE

[Fig. 5]



(57) Abstract: The present invention relates to a method for optimizing the weaving of a fibrous structure, comprising at least: calculating a deviation between inter-column (CLN; CLN+1) spacings (EN) in a set of yarns (202) and predetermined values in a woven fibrous structure, and adjusting the inter-column spacings programmed in the loom taking account of the calculated deviation, for optimized weaving.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé d'optimisation du tissage d'une structure fibreuse comprenant au moins le calcul d'un écart entre des espacements (EN) inter- colonnes (CLN; CLN+1) d'un ensemble de fils (202) et des valeurs prédéterminées dans une structure fibreuse tissée, et l'ajustement des espacements inter-colonnes programmés dans le métier à tisser en tenant compte de l'écart calculé afin d'optimiser le tissage.

[Suite sur la page suivante]



WO 2022/200711 A1

(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 : PROCEDE D'OPTIMISATION DU TISSAGE TRIDIMENSIONNEL D'UNE STRUCTURE FIBREUSE

5

Domaine Technique

L'invention concerne un procédé d'optimisation du tissage tridimensionnel d'une structure fibreuse permettant de maîtriser le taux volumique de fibres dans une région de géométrie évolutive, ainsi qu'un procédé de fabrication d'une pièce en
10 matériau composite associé. L'invention trouve plus particulièrement une application dans le cas des aubes de soufflante.

Technique antérieure

Un domaine d'application de l'invention est la réalisation de pièces en matériau
15 composite structural, c'est-à-dire des pièces de structure à renfort fibreux et densifié par une matrice. Les matériaux composites permettent de réaliser des pièces ayant une masse globale moins élevée que ces mêmes pièces lorsqu'elles sont réalisées en matériau métallique.

Le tissage tridimensionnel de structures fibreuses destinées à constituer le renfort
20 fibreux d'une pièce en matériau composite, telle qu'une aube de moteur aéronautique par exemple, est réalisé dans un métier à tisser de type Jacquard, le tissage consistant à insérer des fils de trame, en créant un motif, entre des fils de chaîne. Les fils de chaîne sont organisés au niveau du harnais du métier à tisser en une pluralité de couches et de colonnes qui sont manipulées par le métier à tisser
25 afin de permettre l'insertion des fils de trames suivant le ou les motifs de tissage programmés dans le métier à tisser. Les fils de trame sont insérés entre les fils de chaîne par colonnes. Le taux volumique de fibres dans une pièce en matériau composite est un paramètre important pour les propriétés mécaniques de la pièce, ce taux étant déterminé par l'armure de tissage et la maîtrise de l'espacement entre
30 les colonnes de fils. Il est souhaitable de disposer de procédés permettant d'obtenir une structure fibreuse par tissage avec un taux volumique de fibres maîtrisé, même dans le cas d'une structure présentant une géométrie particulière, comme une transition rapide en épaisseur.

Exposé de l'invention

La présente invention concerne un procédé d'optimisation du tissage d'une structure fibreuse, comprenant au moins :

- 5 - le tissage tridimensionnel de premiers et deuxièmes fils pour former une structure fibreuse en programmant pour ce tissage un métier à tisser avec des espacements entre colonnes consécutives de deuxièmes fils à des valeurs prédéterminées,
- le calcul d'un écart entre lesdits espacements et les valeurs prédéterminées associées dans au moins une région de la structure fibreuse tissée, et
- 10 - le tissage tridimensionnel d'une structure optimisée en programmant pour ce tissage le métier à tisser avec lesdits espacements dans ladite au moins une région à des valeurs prédéterminées ajustées correspondant aux valeurs prédéterminées corrigées d'au moins la moitié de l'écart calculé.

L'expression « espacements entre colonnes consécutives de deuxièmes fils » sera
15 désignée dans la suite par « espacements inter-colonnes » dans un souci de concision.

Les espacements inter-colonnes peuvent être mesurés par tomodensitométrie (« CT-scan »).

L'espacement inter-colonnes peut être modifié afin de maintenir le taux volumique
20 de fibres dans une région de géométrie particulière d'une structure fibreuse tissée, comme une région de transition en épaisseur. Les inventeurs ont néanmoins constaté que ces espacements dans la structure tissée pouvaient différer des espacements programmés initialement dans le métier à tisser du fait des équilibres régissant le tissu, conduisant à des propriétés mécaniques sous-optimales pour la
25 pièce obtenue par la suite. Ainsi, l'invention propose de contrôler les espacements inter-colonnes dans une structure tissée afin de déterminer si un écart existe avec les valeurs prédéterminées et souhaitées pour ces espacements, et en cas d'existence d'un écart significatif de le corriger en programmant différemment le
métier à tisser de sorte à se rapprocher, voire à atteindre, les valeurs
30 prédéterminées dans la structure tissée. Ainsi lorsque la structure tissée présente des espacements inter-colonnes supérieurs aux valeurs prédéterminées, le métier à tisser peut être programmé avec des valeurs prédéterminées ajustées qui sont

inférieures aux valeurs prédéterminées et corrigées de la quantité indiquée plus haut. A l'inverse, lorsque la structure tissée présente des espacements inter-colonnes inférieurs aux valeurs prédéterminées, le métier à tisser peut être programmé avec des valeurs prédéterminées ajustées qui sont supérieures aux valeurs prédéterminées et corrigées de la quantité indiquée plus haut.

Dans un exemple de réalisation, le procédé comprend en outre :

- le calcul d'un deuxième écart entre lesdits espacements et les valeurs prédéterminées associées dans ladite au moins une région de la structure optimisée tissée, et

- le tissage tridimensionnel d'une deuxième structure optimisée en programmant pour ce tissage le métier à tisser avec lesdits espacements dans ladite au moins une région à des deuxième valeurs prédéterminées ajustées correspondant aux valeurs prédéterminées ajustées corrigées d'au moins la moitié du deuxième écart calculé.

La réalisation d'une itération supplémentaire permet, si cela est souhaité, de

maîtriser de manière plus fine l'espacement inter-colonnes dans la structure tissée. Bien entendu, on ne sort pas du cadre de l'invention si davantage d'itérations sont réalisées sur le même principe.

Dans un exemple de réalisation, ladite au moins une région présente une épaisseur évolutive.

L'invention trouve un intérêt particulier pour maîtriser l'espacement inter-colonnes dans ce type de régions.

Dans un exemple de réalisation, la structure fibreuse, la structure optimisée ainsi que l'éventuelle deuxième structure optimisée sont des renforts d'aube de turbomachine. En particulier, la structure fibreuse, la structure optimisée ainsi que l'éventuelle deuxième structure optimisée sont des renforts d'aube de soufflante.

L'invention trouve un intérêt particulier pour maîtriser l'espacement inter-colonnes dans ce type de renforts.

Dans un exemple de réalisation, la structure fibreuse, la structure optimisée ainsi que l'éventuelle deuxième structure optimisée comprennent des fibres de carbone.

L'invention trouve un intérêt particulier pour maîtriser l'espacement inter-colonnes dans des structures comprenant de telles fibres.

L'invention vise également un procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite, comprenant au moins :

- la mise en œuvre d'un procédé d'optimisation tel que décrit plus haut,
- la formation d'une préforme par mise en forme d'une structure optimisée tissée
- 5 obtenue, et
- la formation d'une matrice dans une porosité de la préforme afin d'obtenir la pièce.

La préforme peut être obtenue par mise en forme de la structure optimisée tissée obtenue après programmation du métier à tisser avec les valeurs prédéterminées ajustées, ou de la deuxième structure optimisée obtenue après programmation du

10 métier à tisser avec les deuxièmes valeurs prédéterminées ajustées, ou encore par mise en forme d'une n-ième structure optimisée si davantage d'itérations ont été réalisées.

Brève description des dessins

15 [Fig. 1] La figure 1 est une vue schématique en perspective d'un exemple de métier à tisser pouvant être utilisé dans le cadre de l'invention.

[Fig. 2] La figure 2 représente, de manière schématique et à plat, une structure fibreuse tissée destinée à former le renfort d'une aube de turbomachine.

[Fig. 3] La figure 3 représente, de manière schématique, une région de la structure

20 fibreuse de la figure 2 ayant une épaisseur évolutive.

[Fig. 4] La figure 4 représente, de manière schématique, un exemple de pièce en matériau composite pouvant être obtenue par mise en œuvre de l'invention.

[Fig. 5] La figure 5 représente, de manière schématique, l'évolution des espacements inter-colonnes dans la région d'épaisseur évolutive illustrée à la figure

25 3.

[Fig. 6] La figure 6 représente, de manière schématique, l'écart entre les espacements inter-colonnes et les valeurs prédéterminées associées, ainsi que la programmation ajustée du tissage tenant compte de cet écart selon un exemple de procédé d'optimisation selon l'invention.

Description des modes de réalisation

L'invention s'applique d'une manière générale à toutes structures fibreuses formées par tissage tridimensionnel qui sont aptes à constituer des renforts fibreux, ou préformes, pour la fabrication de pièces en matériau composite, en particulier des aubes de moteurs aéronautiques, les pièces étant obtenues par densification des préformes fibreuses par une matrice. La matrice est typiquement une résine, dans le cas de matériaux composites utilisés à température relativement peu élevée, typiquement jusqu'à 300°C pour des aubes de soufflante par exemple, ou un matériau céramique dans le cas de composites thermostucturaux, par exemple des aubes de turbine.

Par « tissage tridimensionnel » ou « tissage 3D », on entend ici un mode de tissage par lequel certains au moins des fils de chaîne lient des fils de trame sur plusieurs couches de trame. Un tissage 3D permet d'obtenir une liaison entre les couches, donc d'avoir une bonne tenue mécanique de la structure fibreuse et de la pièce en matériau composite obtenue, en une seule opération textile.

Les techniques de tissage de structures fibreuses formant renfort de pièces de turbomachines sont connues en soi. A ce titre, la figure 1 illustre un métier à tisser 100 équipé d'une mécanique Jacquard 101 supportée par une superstructure non représentée sur la figure 1. Le métier 100 comprend également un harnais 110 constitué d'une planche d'empoutage 111 et des fils de commande ou lisses 113, chaque lisse 113 étant reliée à une extrémité à un crochet de commande 1010 de la mécanique Jacquard 101 et à l'autre extrémité à un des ressorts de rappel 102 fixés au bâti 103 du métier à tisser 100. Chaque lisse 113 comprend un œillet 114 traversé par un fil de chaîne 201. Les lisses 113 et leur œillet 114 associé s'étendent dans une zone dans laquelle les lisses 113 et les œillets 114 sont animés d'un mouvement d'oscillation sensiblement vertical représenté par la double flèche F. Les lisses 113 sont soumises à des efforts de traction respectivement exercés par les crochets de commande 1010 et par les ressorts de rappel 102. Les lisses 113 permettent de soulever certains fils de chaîne 201 suivant un programme de tissage défini. En soulevant certains fils de chaîne 201, les lisses 113 créent ainsi une foule permettant l'introduction de fils de trame 202 pour le tissage 3D des structures

fibreuses. Les fils de chaîne 201 sont organisés en une pluralité de couches de fils de chaîne C1 à Cn.

Les fils de chaîne 201 sont appelés depuis des bobines disposées sur un cantre (non représenté sur la figure 1) en amont de la mécanique Jacquard 101 du métier à

5 tisser 100. A cet effet, comme illustré sur la figure 1, un système d'appel de fils de chaîne 300 est associé au métier à tisser 100 en aval de celui-ci. Le cadre 120 délimite la sortie du métier à tisser 100, c'est-à-dire la zone à partir de laquelle les fils de chaîne 201 ne sont plus tissés avec les fils de trame 202. Le système d'appel de fils de chaîne 300 comprend un dispositif de bridage 340 destiné à maintenir par

10 serrage un ensemble de couches C1 à Cn de fils de chaines en aval du métier à tisser 100. Pendant le tissage d'une structure fibreuse 400, les fils de chaîne 201 sont entraînés dans la direction d'avance DA par le dispositif de bridage. Plus précisément, dans l'exemple décrit ici, le dispositif de bridage 340 est monté sur des rails 351 et 352 d'un bâti 350 du système d'appel de fils de chaîne 300 de manière à

15 permettre le déplacement du dispositif de bridage. Le déplacement du dispositif de bridage 300 est réalisé par un moteur, par exemple un moteur pas-à-pas (non représenté sur la figure 1). A chaque fois qu'une colonne de fils de trame 202 est entièrement tissée avec les couches de fils de chaîne C1 à Cn, le dispositif de

20 bridage 340 est entraîné dans la direction DA sur une distance permettant l'insertion et le tissage dans le métier 100 de la colonne de trame suivante.

La figure 2 illustre, à plat, une structure fibreuse 400 tissée en une seule pièce par tissage tridimensionnel de premiers fils et de deuxièmes fils. Les premiers fils peuvent être des fils de chaîne et les deuxièmes fils des fils de trame, ou l'inverse.

On notera, d'une manière générale, que les rôles des fils de chaîne et de trame sont

25 interchangeables. Cette structure fibreuse 400 forme un renfort d'une aube de soufflante. La structure fibreuse 400 représentée sur la figure 2 comprend une partie de pied 410 prolongée par une partie de profil aérodynamique 420 jusqu'à une partie de sommet 430. La structure fibreuse 400 s'étend le long d'une direction principale Z, destinée à définir une direction radiale lorsque l'aube est montée dans

30 la turbomachine. La structure fibreuse 400 peut être tissée suivant un tissage 3D à armure « interlock », par exemple. Par tissage « interlock », on entend une armure de tissage dans laquelle chaque couche de fils de trame lie plusieurs couches de fils

de chaîne avec tous les fils d'une même colonne de trame ayant le même mouvement dans le plan de l'armure. L'homme du métier reconnaîtra que d'autres armures de tissage sont possibles. La structure fibreuse 400 peut comprendre des fibres de carbone ou de céramique comme en carbure de silicium (SiC), selon

5 l'application envisagée.

Comme illustré à la figure 3, la structure fibreuse 400 présente, le long de la direction principale Z, une région 402 d'épaisseur e évolutive, destinée également à définir une région d'épaisseur évolutive dans la pièce à obtenir.

La figure 4 illustre un exemple d'aube de soufflante 500 qui peut être obtenue dans
10 le cadre de l'invention. De manière connue en soi, l'aube 500 est obtenue à partir de la structure fibreuse 400 par mise en forme dans un moule afin d'obtenir une préforme fibreuse et l'on forme ensuite une matrice dans une porosité de la préforme fibreuse. Le matériau de la matrice est choisi en fonction de l'application envisagée. On peut ainsi former une matrice organique, par introduction de résine
15 dans la porosité de la préforme fibreuse et réticulation de cette résine, par exemple dans le cas d'une aube de soufflante 500. D'autres exemples sont possibles, comme la formation d'une matrice céramique dans le cas d'une aube de turbine par exemple. Les méthodes de formation et matériaux utilisés pour la matrice sont connus en soi et ne nécessitent pas d'être davantage décrits ici.

20 Le taux volumique de fibres dans la région d'épaisseur évolutive 402 peut être maintenu en modifiant l'espacement inter-colonnes EN dans cette région 402, correspondant ici à l'espacement entre colonnes consécutives CLN et CLN+1 de fils de trame 202. La figure 5 illustre l'évolution de l'espacement EN inter-colonnes souhaité dans la région 402. Cet espacement EN varie lorsque l'on se déplace le long
25 de la direction principale Z, ici en diminuant plus l'épaisseur e diminue, de sorte à maintenir le taux volumique de fibres dans la région 402. Bien entendu, le principe de l'invention reste applicable au cas inverse d'un espacement EN qui augmenterait le long de la direction principale Z. A chaque espacement EN entre deux colonnes consécutives CLN et CLN+1 est associé une valeur prédéterminée afin d'obtenir les
30 propriétés mécaniques souhaitées dans la pièce, ces valeurs prédéterminées étant variables le long de la région 402.

Comme indiqué plus haut, les inventeurs ont constaté que les espacements EN souhaités pouvaient ne pas être directement obtenus dans la structure tissée si le métier à tisser était programmé avec exactement les valeurs prédéterminées souhaitées pour ces espacements. La figure 6 illustre l'écart ECN qui a pu être

5 observé entre des espacements inter-colonnes EN et les valeurs prédéterminées VPN associées à chacun de ces espacements EN, à différentes positions le long de la direction principale Z dans la région 402. A la figure 6, la courbe « A » représente l'évolution souhaitée pour espacements inter-colonnes, correspondant aux valeurs prédéterminées VPN programmées initialement dans le métier à tisser, et la courbe

10 « B » l'évolution des espacements EN qui a été réellement constatée dans la structure fibreuse 400 après tissage en ayant programmé les valeurs prédéterminées VPN dans le métier à tisser. On constate que si l'on retrouve bien la forme de la courbe souhaitée avec une évolution, dans la région 402, entre un premier espacement inter-colonnes E1 et un deuxième espacement inter-colonnes E2 qui est

15 inférieur au premier espacement E1, un écart ECN est néanmoins présent entre les espacements inter-colonnes EN et les valeurs prédéterminées VPN. Dans l'exemple considéré à la figure 6, les espacements inter-colonnes EN réellement constatés étaient plus importants que les valeurs prédéterminées VPN. Afin de compenser cet écart, il est proposé de programmer le métier à tisser avec des valeurs

20 prédéterminées ajustées VAN tenant compte de l'écart ECN calculé. Les valeurs prédéterminées ajustées VAN peuvent correspondre aux valeurs prédéterminées VPN corrigées d'une quantité comprise entre la moitié de l'écart calculé ECN et 2,5 fois cet écart calculé ECN, par exemple comprise entre la moitié de l'écart calculé ECN et 1,5 fois cet écart calculé ECN. La courbe « C » de la figure 6 montre les

25 valeurs prédéterminées ajustées VAN avec lesquelles le métier à tisser va être programmé pour tisser une structure fibreuse optimisée ayant des espacements inter-colonnes plus proches des valeurs prédéterminées VPN. Concrètement et selon un exemple, si l'on constate des écarts ECN entre les espacements inter-colonnes EN et les valeurs prédéterminées VPN, on peut programmer des valeurs prédéterminées

30 ajustées VAN correspondant aux valeurs prédéterminées VPN corrigées des écarts calculés ECN. Comme indiqué plus haut, cet ajustement peut être répété afin de se

rapprocher davantage encore des valeurs prédéterminées VPN pour les espacements inter-colonnes EN, si cela est souhaité après analyse de la structure optimisée tissée. L'expression « comprise entre ... et ... » doit se comprendre comme incluant les bornes.

Revendications

[Revendication 1] Procédé d'optimisation du tissage d'une structure fibreuse (400), comprenant au moins :

- 5 - le tissage tridimensionnel de premiers et deuxièmes fils pour former une structure fibreuse en programmant pour ce tissage un métier à tisser (100) avec des espacements (EN) entre colonnes consécutives (CLN ; CLN+1) de deuxièmes fils (202) à des valeurs prédéterminées (VPN),
- le calcul d'un écart (ECN) entre lesdits espacements et les valeurs prédéterminées associées dans au moins une région (402) de la structure fibreuse tissée, et
- 10 - le tissage tridimensionnel d'une structure optimisée en programmant pour ce tissage le métier à tisser avec lesdits espacements dans ladite au moins une région à des valeurs prédéterminées ajustées (VAN) correspondant aux valeurs prédéterminées corrigées d'au moins la moitié de l'écart calculé.

15 [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre :

- le calcul d'un deuxième écart entre lesdits espacements (EN) et les valeurs prédéterminées (VPN) associées dans ladite au moins une région (402) de la structure optimisée tissée, et
- le tissage tridimensionnel d'une deuxième structure optimisée en programmant
- 20 pour ce tissage le métier à tisser avec lesdits espacements dans ladite au moins une région à des deuxièmes valeurs prédéterminées ajustées correspondant aux valeurs prédéterminées ajustées corrigées d'au moins la moitié du deuxième écart calculé.

[Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ladite au moins une région (402) présente une épaisseur e évolutive.

25 [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la structure fibreuse, la structure optimisée ainsi que l'éventuelle deuxième structure optimisée sont des renforts (400) d'aube de turbomachine.

[Revendication 5] Procédé selon la revendication 4, dans lequel la structure fibreuse, la structure optimisée ainsi que l'éventuelle deuxième structure optimisée

30 sont des renforts (400) d'aube de soufflante.

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la structure fibreuse (400), la structure optimisée ainsi que l'éventuelle deuxième structure optimisée comprennent des fibres de carbone.

[Revendication 7] Procédé de fabrication d'une pièce (500) en matériau composite,

5 comprenant au moins :

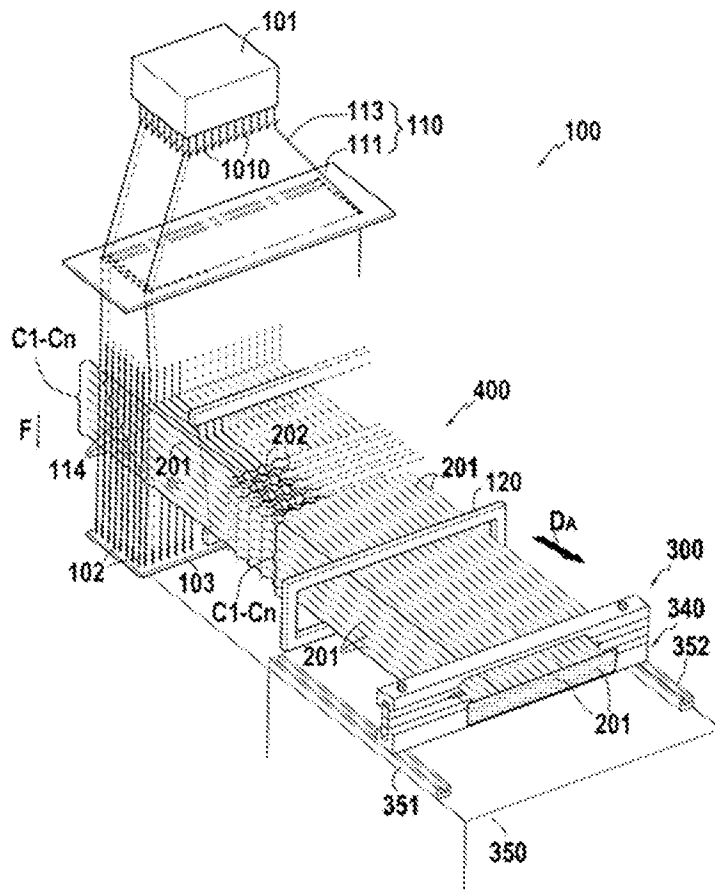
- la mise en œuvre d'un procédé d'optimisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6,

- la formation d'une préforme par mise en forme d'une structure optimisée tissée obtenue, et

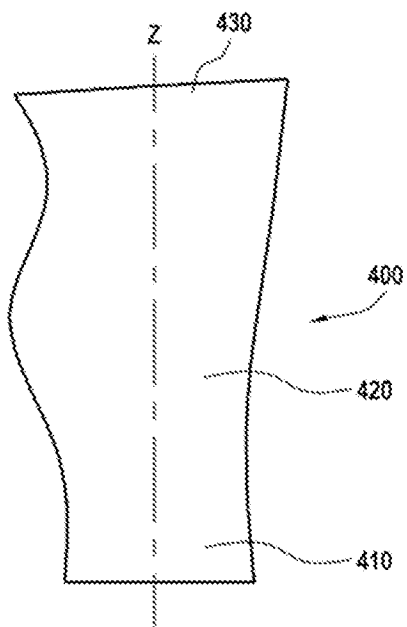
10 - la formation d'une matrice dans une porosité de la préforme afin d'obtenir la pièce.

⋮

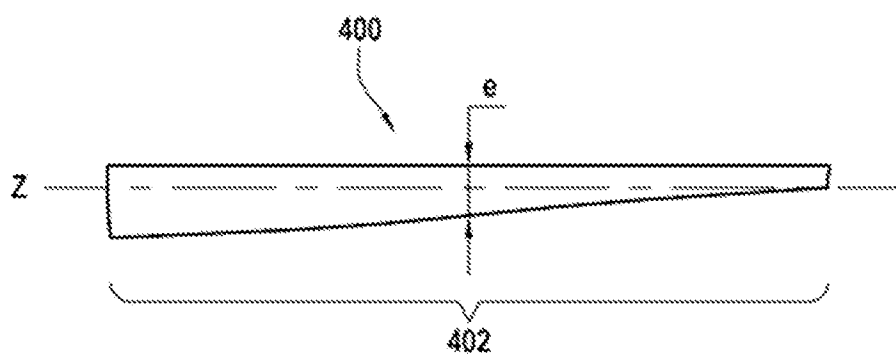
[Fig. 1]



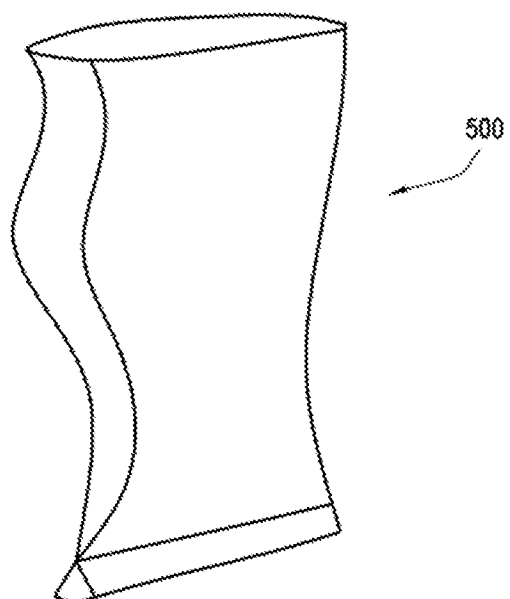
[Fig. 2]



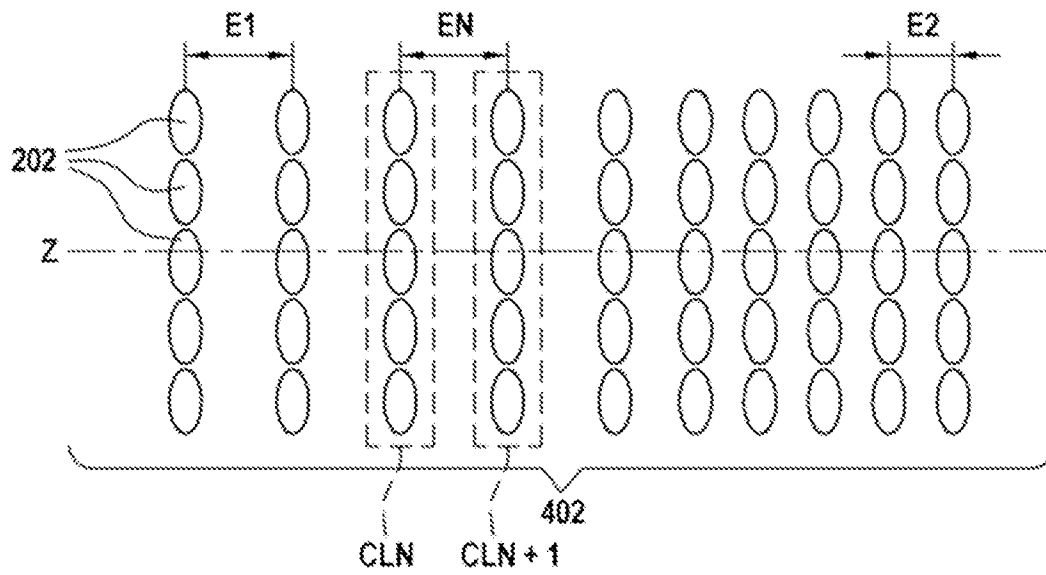
[Fig. 3]



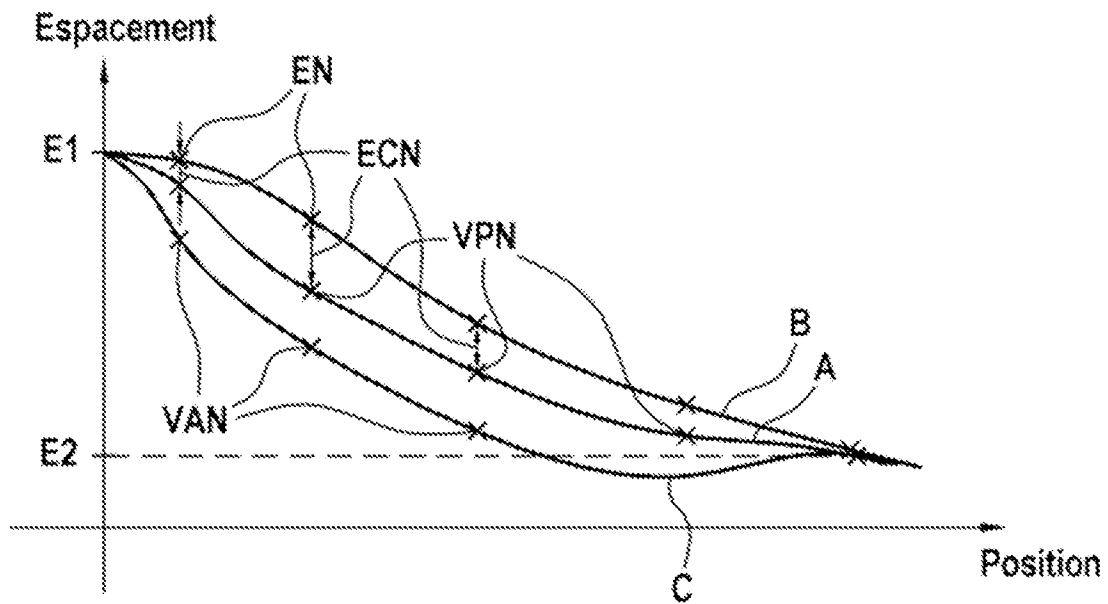
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2022/050453

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER D03D 25/00 (2006.01)i; D03D 41/00 (2006.01)i; D03D 1/00 (2006.01)i; D03D 15/275 (2021.01)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 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		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2012051935 A1 (NAIK RAJIV A [US] ET AL) 01 March 2012 (2012-03-01) figures 1-5 paragraph [0016] - paragraph [0036]	1-7
Y	DESPLENTERE ET AL. "Micro-CT characterization of variability in 3D textile architecture" <i>COMPOSITES SCIENCE AND TECHNOLOGY, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL</i> , Vol. 65, No. 13, 01 October 2005 (2005-10-01), pages 1920-1930 DOI: 10.1016/J.COMPSCITECH.2005.04.008 ISSN: 0266-3538, XP005001425 page 1921, column 1, paragraph 5 - column 2, paragraph 3 page 1923, column 2, paragraph 1 - page 1924, column 2, paragraph 1 page 1926, column 1, paragraph 1 - page 1930, column 1, paragraph 2	1-7
A	US 2016376734 A1 (ROUSSEAU CLAIRE [FR] ET AL) 29 December 2016 (2016-12-29) paragraph [0015] - paragraph [0017]; figures 1-9 paragraph [0036] - paragraph [0044]	1-7
☐ 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 08 June 2022		Date of mailing of the international search report 17 June 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 Hausding, Jan Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2022/050453

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2012051935	A1	01 March 2012	EP	2423441	A2	29 February 2012
				US	2012051935	A1	01 March 2012
US	2016376734	A1	29 December 2016	FR	3037976	A1	30 December 2016
				US	2016376734	A1	29 December 2016

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2022/050453

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. D03D25/00 D03D41/00 D03D1/00 D03D15/275 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		
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		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2012/051935 A1 (NAIK RAJIV A [US] ET AL) 1 mars 2012 (2012-03-01) figures 1-5 alinéa [0016] - alinéa [0036] ----- -/--	1-7
☒ 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 8 juin 2022		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 17/06/2022
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 Hausding, Jan

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	DESPLENTERE ET AL: "Micro-CT characterization of variability in 3D textile architecture", COMPOSITES SCIENCE AND TECHNOLOGY, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 65, no. 13, 1 octobre 2005 (2005-10-01), pages 1920-1930, XP005001425, ISSN: 0266-3538, DOI: 10.1016/J.COMPSCITECH.2005.04.008 page 1921, colonne 1, alinéa 5 - colonne 2, alinéa 3 page 1923, colonne 2, alinéa 1 - page 1924, colonne 2, alinéa 1 page 1926, colonne 1, alinéa 1 - page 1930, colonne 1, alinéa 2 -----	1-7
A	US 2016/376734 A1 (ROUSSEAU CLAIRE [FR] ET AL) 29 décembre 2016 (2016-12-29) alinéa [0015] - alinéa [0017]; figures 1-9 alinéa [0036] - alinéa [0044] -----	1-7

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2022/050453

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2012051935 A1	01-03-2012	EP 2423441 A2	29-02-2012
		US 2012051935 A1	01-03-2012
US 2016376734 A1	29-12-2016	FR 3037976 A1	30-12-2016
		US 2016376734 A1	29-12-2016