

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

①1 N° de publication : **3 103 199**

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

②1 N° d'enregistrement national : **19 12815**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **D 02 G 3/40** (2019.12), B 29 C 70/34, B 29 B 11/16

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤4 Fil imprégné, produit composite à paroi mince nervuré comportant un tel fil imprégné, et procédé de fabrication de ce fil et de ce produit composite.

②2 Date de dépôt : 15.11.19.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 21.05.21 Bulletin 21/20.

④5 Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 10.12.21 Bulletin 21/49.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *BCOMP SA Société anonyme de  
droit suisse — CH.*

⑦2 Inventeur(s) : *Rion Julien, Aebischer Reto, Jerinic  
Milos, Rytka Christian, Botor David et Masania Kunal.*

⑦3 Titulaire(s) : *BCOMP SA Société anonyme de droit  
suisse.*

⑦4 Mandataire(s) : *A.P.I. CONSEIL.*

**FR 3 103 199 - B1**



## Description

### **Titre de l'invention : Fil imprégné, produit composite à paroi mince nervuré comportant un tel fil imprégné, et procédé de fabrication de ce fil et de ce produit composite**

#### **Domaine technique**

[0001] La présente invention concerne le domaine des produits composites à paroi mince renforcés par des nervures résultant de fils, ainsi que les fils imprégnés servant à la fabrication de tels produits composites à paroi mince nervurés.

[0002] De tels produits composites à paroi mince sont classiquement utilisés pour former une pièce avec des propriétés mécaniques améliorées tout en gardant un poids faible pour cette pièce.

#### **Etat de la technique**

[0003] Si l'on cherche à renforcer le produit composite à paroi mince en flexion, mais aussi en compression, il est connu de proposer des renforts en saillie en forme de réseau nervuré ou de grille comme dans WO2017099585 dans lequel on forme par moulage ces nervures au-dessus et/ou en dessous de la plaque de base.

[0004] On connaît certains types de produits composites à paroi mince du document EP2648890, notamment avec des fils d'une première épaisseur et des fils d'une deuxième épaisseur plus grande que la première épaisseur et qui servent de renfort formant des nervures sur l'une des faces du produit composite à paroi mince. Ces fils de la deuxième épaisseur sont composés de fibres végétales torsadées, cette torsion apportant notamment une meilleure résistance à la compression de ces fils de la deuxième épaisseur.

[0005] Le document WO2019087141 concerne une méthode d'imprégnation par du polymère d'une grille formée d'un assemblage de fils, qui améliore la qualité de l'imprégnation, avec pour objectif d'améliorer les propriétés en flexion d'un produit composite à paroi mince comportant cette grille sur un support plat de base, tel qu'un mat. A cet effet, on effectue un saupoudrage de particules de polymère sur l'une des faces d'un treillis de fils entrecroisés, afin d'obtenir une grille comportant une quantité supérieure de polymère sur l'une des faces, ce qui au surplus allège le produit composite à paroi mince comportant une telle grille. Cependant cette méthode n'est pas adaptée lorsque l'on souhaite disposer d'un fil imprégné à haute performance mécanique à cause de l'imprégnation très partielle des fils du treillis.

[0006] Le document EP2813607A1 décrit le passage de brins de fibres dans une unité d'imprégnation comportant un bain de polymère thermoplastique liquide, pour former un fil imprégné. Il s'avère qu'en pratique le simple passage dans un bain de polymère

liquide n'assure pas une totale et parfaite imprégnation du brin de fibres dans tout son volume, mais une imprégnation très partielle en surface du brin de fibres. Cette imprégnation aléatoire et insuffisante ne garantit pas des propriétés optimisées et reproductibles pour les fils de renfort au sein du produit composite à paroi mince.

[0007] **Bref résumé de l'invention**

[0008] Un des buts de la présente invention est de proposer une solution qui permette d'obtenir un fil imprégné pour lequel l'imprégnation des fibres est améliorée, ce par quoi les propriétés mécaniques de ce fil imprégné sont augmentées.

[0009] Un autre but de l'invention est de proposer un procédé de fabrication d'un fil imprégné ainsi que le fil imprégné résultant de ce procédé de fabrication qui soient exempts des limitations des procédés de fabrication et des fils imprégnés connus.

[0010] Un autre but de l'invention est de proposer un procédé de fabrication d'un produit composite à paroi mince nervuré ainsi que le composite à paroi mince nervuré résultant de ce procédé de fabrication qui soient exempts des limitations des procédés de fabrication et des composite à paroi mince connus.

[0011] Un autre but de l'invention est de proposer un procédé de fabrication d'un produit composite à paroi mince renforcé par des nervures formées par des fils formant un produit composite à paroi mince nervuré amélioré par rapport à l'état de la technique.

[0012] Selon l'invention, ces buts sont atteints notamment au moyen d'un procédé de fabrication d'un fil imprégné à partir d'au moins un brin comprenant des fibres végétales, dans lequel les étapes suivantes sont mises en œuvre :

- fournir au moins un brin continu comprenant des fibres végétales,
- fournir une cuve d'imprégnation délimitant un passage entre une entrée et une sortie,
- alimenter la cuve avec un bain de matière organique à l'état liquide remplissant ledit passage en permanence,
- disposer ledit brin de sorte qu'il pénètre dans la cuve d'imprégnation par ladite entrée, qu'il suive le passage en étant immergé dans la matière organique à l'état liquide et en présentant au moins une zone de contact avec une face du passage, et qu'il ressorte de la cuve d'imprégnation par ladite sortie, et
- imprégner le brin en faisant avancer en continu ledit brin de façon à former un brin imprégné de la matière organique, ce par quoi on forme un fil imprégné.

[0013] Cette solution présente notamment l'avantage par rapport à l'art antérieur de permettre une bonne imprégnation des fibres par la matière organique, et notamment de ne pas obtenir un fil imprégné dans lequel seule la portion de surface des brins est imprégnée, sans avoir systématiquement une imprégnation à cœur des brins et du fil imprégné résultant de ce procédé.

[0014] Un tel fil imprégné résultant du procédé de fabrication selon l'invention présente une

meilleure tenue mécanique du fait de cette imprégnation améliorée, et notamment d'une imprégnation plus conséquente, notamment en atteignant les fibres de la portion centrale du ou des brins qui forme(nt) le fil, ce qui permet donc une imprégnation améliorée du fil lui-même ainsi obtenu. Une plus grande proportion du volume de chaque brin est imprégnée par la matière organique, ce qui entraîne une imprégnation d'une plus grande proportion du volume de tout le fil.

- [0015] C'est notamment du fait du contact avec des surfaces de la cuve d'imprégnation lors du passage du ou des brins dans le bain de matière organique liquide, qu'est assurée cette bonne imprégnation, car en frottant contre des surfaces dures, le ou les brins sont aplatis, ce qui permet, par cette ouverture du ou des brins, un déploiement des fibres et par là la mise en contact direct entre toutes ou la plupart des fibres de chaque brin et la matière organique liquide. Le contact avec les parois de la cuve délimitant le passage crée également une suppression locale qui force la matière organique à pénétrer dans le brin, et à enrober davantage de fibres du brin, voire toutes les fibres du brin.
- [0016] Egalement, selon l'invention on propose un fil imprégné comportant au moins deux brins continus comprenant des fibres végétales, lesdits brins étant imprégnés de matière organique dans au moins 60% de leur volume, chacun desdits brins étant individuellement torsadé et l'ensemble desdits brins étant également torsadé dans une configuration maintenue par la matière organique.
- [0017] Ainsi, un tel fil imprégné présente donc à la fois une torsion individuelle de chaque brin et également une torsion d'ensemble. On comprend que la matière organique permet la formation d'une liaison entre tous les brins à la fois dans leur configuration torsadée individuelle (torsion individuelle des brins) et également dans leur configuration torsadée entre eux (torsion d'ensemble des brins résultant en un fil torsadé).
- [0018] Comme il sera présenté plus loin en détail, on obtient ainsi un fil imprégné à haute performances mécaniques. Entre autres choses, un tel fil imprégné présente une résistance améliorée à la flexion, à la traction et à la compression grâce à cette torsion à double niveau, pour chaque brin et entre tous les brins.
- [0019] Selon un mode de réalisation, le fil imprégné comporte en outre au moins un fil de liaison enroulé en hélice autour de l'ensemble desdits brins, formant un fil imprégné et ficelé. Un tel fil de liaison améliore la tenue de la forme de la section du fil, et va notamment contribuer à limiter l'écrasement du fil destiné à former une nervure en surface d'un produit composite à paroi mince. Ce fil de liaison est donc optionnel. Si ce fil de liaison est présent autour du fil imprégné, on peut en alternative prévoir deux fils de liaison enroulés en hélice et qui peuvent être de même sens, ou de façon préférentielle en sens opposé.
- [0020] L'une ou l'autre ou plusieurs des dispositions suivantes peuvent en outre se présenter dans le fil imprégné :

- chacun desdits brins présente une torsion individuelle selon une première orientation,
- l'ensemble desdits brins présente une torsion d'ensemble selon une deuxième orientation différente de la première orientation,
- les fibres extérieures desdits brins forme(nt) un angle compris entre  $-20^\circ$  et  $+20^\circ$  avec la direction longitudinale ou principale du fil imprégné,
- les brins présentent une torsion individuelle comprise entre 50 et 300tpm, de préférence entre 100 et 200tpm,
- le fil imprégné comporte entre trois et six brins présentant chacun un poids compris entre 200 et 800 tex, de préférence entre 300 à 600 tex.

[0021] Egalement, selon l'invention on propose un procédé de fabrication d'un produit composite à paroi mince comprenant les étapes suivantes :

- fourniture d'un support tel qu'un mat
- fabrication de fils imprégnés selon le procédé décrit dans le présent texte,
- assemblage des fils imprégnés pour former un treillis dans lequel les fils imprégnés s'entrecroisent,
- empilement du treillis et du support, et
- moulage par compression du treillis et du support empilés, ce par quoi on forme un produit composite, présentant une face nervurée, lesdites nervures étant créées au moins en partie par les fils imprégnés.

[0022] Egalement, selon l'invention on propose un procédé de fabrication d'un produit composite à paroi mince comprenant les étapes suivantes :

- fabrication de fils imprégnés selon le procédé décrit dans le présent texte,
- fourniture de fils de base présentant une taille inférieure aux fils imprégnés,
- tissage ou tricotage des fils de base avec lesdits fils imprégnés, pour former une préforme,
- moulage par compression de la préforme, ce par quoi on forme un produit composite présentant une face nervurée, lesdites nervures étant créées au moins en partie par les fils imprégnés.

[0023] En outre, selon l'invention est proposée une solution selon laquelle on fournit un produit composite à paroi mince comportant des fils imprégnés tels que décrits dans le présent texte, ledit produit composite présentant une face nervurée, lesdites nervures étant créées au moins en partie par lesdits fils imprégnés.

[0024] La présence de ces nervures permet d'augmenter la rigidité en flexion de la pièce formée de ou intégrant un tel produit composite à paroi mince, tout en augmentant faiblement son poids. Egalement, la présence de ces nervures permet en outre d'améliorer le comportement en impact de cette pièce, les nervures freinant la propagation de fissures dans la pièce lors d'un impact, confinant ainsi le dommage, évitant la projection de débris et augmentant par ailleurs l'absorption d'énergie à l'impact.

[0025] Le produit composite à paroi mince ainsi formé est destiné à former notamment, et de façon non limitative, une pièce ou une partie de pièce pour l'habitacle d'un véhicule automobile, telles que tableau de bord, couverture de portières, panneau de couverture des piliers et console, un pavillon, une couverture de coffre. Il peut aussi être utilisé pour réaliser des coques de valise, des carrosseries de véhicules....

[0026] L'invention porte également sur un procédé de fabrication d'un article comprenant une portion à paroi mince dans lequel ladite portion à paroi mince est formée de ou comporte un produit composite à paroi mince fabriqué selon le procédé décrit dans le présent texte, ledit article appartenant au groupe comprenant :

une pièce de carrosserie automobile, notamment les portes, le toit, le capot, les ailes, l'aileron, le spoiler, les pare-chocs avant et arrière, les kits aérodynamiques, ou des pièces intérieures automobiles notamment les couvertures de portière, le tableau de bord, la console centrale, les habillages de pilier, les habillages de coffre, le pavillon, ou des articles de sport tels qu'une coque de canoé, kayak ou bateau léger, un cadre de bicyclette, ou encore un élément de mobilier, ou des pièces d'intérieur d'avion, notamment les panneaux latéraux, les panneaux de plafond, les coffres à bagage, ou des pièces aérodynamiques d'avion léger, notamment le capot moteur, les capots de roue, ou tout carénage aérodynamique d'un engin mobile, ou encore une coque de valise.

### **Brève description des figures**

[0027] Des exemples de mise en œuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles :

[0028] [fig.1] La [fig.1] illustre les différentes étapes du procédé de fabrication d'un fil imprégné et le fil imprégné résultant de ce procédé de fabrication selon l'invention,

[0029] [fig.2] La [fig.2] représente les différentes étapes d'une variante du procédé de fabrication d'un fil imprégné et le fil imprégné résultant de ce procédé de fabrication selon l'invention,

[0030] [fig.3] La [fig.3] illustre les différentes étapes d'une autre variante du procédé de fabrication d'un fil imprégné et le fil imprégné résultant de ce procédé de fabrication selon l'invention,

[0031] [fig.4] La [fig.4] représente une unité de fabrication d'un fil imprégné permettant la mise en œuvre de la variante du procédé de fabrication de la [fig.3],

[0032] [fig.5] La [fig.5] représente schématiquement une possibilité de mise en œuvre pour la cuve d'imprégnation permettant de réaliser l'étape d'imprégnation du brin ou des brins qui vont former le fil imprégné,

[0033] [fig.6] Les figures 6A et 6B représentent respectivement la première face et la deuxième face d'un produit composite à paroi mince nervuré selon l'invention

comprenant des fils imprégnés,

[0034] [fig.7] La [fig.7] est une vue agrandie de la zone VII de la figure 6B, montrant les fils imprégnés formant des nervures sur une des faces du produit composite des figures 6A et 6B, et

[0035] [fig.8] La [fig.8] illustre les différentes étapes d'une variante du procédé de fabrication selon l'invention formant un autre type de fil imprégné.

[0036] **Exemple(s) de mode de réalisation de l'invention**

[0037] On se reporte à la [fig.1] montrant les étapes de la fabrication d'un fil imprégné selon l'invention, depuis la droite vers la gauche de la [fig.1], la flèche F1 représentant l'entrée et la flèche F2 la sortie. Ici, un seul brin 10a est utilisé pour former en continu le fil imprégné 10e. Au départ (après la flèche F1, étape A), le brin 10a est un ruban continu sortant d'une bobine et comprenant des fibres végétales 11 dont l'orientation n'a pas forcément été dirigée. Par exemple, ce brin 10a est constitué de fibres courtes de lin essentiellement parallèles entre elles et à la direction générale du brin 10a. Ensuite, (étape B), de préférence, mais de manière non impérative, on effectue une torsion T1 du brin 10a dans un premier sens, ce qui forme un brin torsadé 10b selon une torsion individuelle qui oriente les fibres 11 dans une direction qui n'est pas parallèle à la direction générale P0 du brin 10a (angle  $\beta$  pour les fibres extérieures 11 sur la [fig.1]). Cette torsion aura pour but d'augmenter la résistance au déchirement du brin, et ainsi d'en éviter la rupture lors de l'étape suivante d'imprégnation. Cette torsion individuelle T1 sera toutefois peu importante (par exemple un angle  $\beta$  compris entre  $0^\circ$  et  $20^\circ$  par rapport à la direction P0 du brin 10b) afin de faciliter une bonne imprégnation dans l'étape suivante. Selon une autre possibilité (sans l'étape A de la [fig.1]), on part directement du brin 10b déjà torsadé individuellement sur la bobine qui alimente la chaîne de production. Ensuite, (étape C), on effectue une imprégnation du brin torsadé 10b (ou du brin non torsadé 10a) par une matière organique liquide 12a, telle qu'un polymère (thermoplastique ou thermodurcissable) ou un mélange de polymères présent dans une cuve d'imprégnation 20. Cette étape d'imprégnation C spécifique sera décrite en détails plus loin. On obtient un brin imprégné, éventuellement torsadé, 10c, formant également, dans ce cas de la [fig.1] avec un seul brin, un fil imprégné 10e.

[0038] Dans le cas de la [fig.8], on a représenté le cas alternatif dans lequel le procédé de fabrication comporte les étapes A, C décrites précédemment, et l'étape E décrite ci-après, mais pas les étapes B et D : il n'y a pas de torsion individuelle T1, ni de torsion individuelle supplémentaire T1'. Cette [fig.8] comporte un seul brin 10a aux fibres 11 essentiellement parallèles à la direction P0 du brin 10a, pour former le fil imprégné 10e mais il est possible dans le cadre du procédé selon l'invention de recourir à deux brins 10a, trois brins 10a voire davantage de brins 10e, qui restent donc dans leur état non

torsadé tout le long du procédé, et notamment au cours de l'étape C d'imprégnation et de l'étape (optionnelle) de ficelage E.

[0039] Ensuite, comme montré sur la [fig.1], à la sortie de la cuve d'imprégnation 20, mais de manière optionnelle et non impérative, le fil 10c peut être torsadé (étape D), et ce additionnellement s'il a déjà été torsadé auparavant (étape B de torsion T1 ou bien brin déjà fourni torsadé). Cette torsion individuelle T1' (supplémentaire), qui s'effectue dans le même sens (première orientation de torsion) que la torsion individuelle T1, permet d'augmenter la résistance à la compression radiale du fil, et ce alors que la plus faible torsion T1 (angle  $\beta$ ) des fibres extérieures 11 dans la cuve d'imprégnation 20 facilite la bonne imprégnation. Une dernière étape E, qui est préférable mais non impérative, en complément ou comme alternative à la torsion T1' (étape D) du fil en sortie de la cuve, consiste à placer un fil de liaison 13 autour du brin torsadé imprégné 10c, en formant une hélice, et ce après le passage dans la cuve d'imprégnation 20, alors que la matière organique 12a qui a imprégné le fil imprégné est encore liquide et n'a pas totalement durci. On obtient un fil imprégné et ficelé 10e dans lequel la matière organique durcie 12b sert de liant pour maintenir la position et l'orientation des fibres 11 d'une part entre elles et d'autre part avec le fil de liaison 13, au sein du fil imprégné et ficelé 10e qui présente une bonne cohésion lui conférant de bonnes propriétés de résistance à la compression radiale. A la sortie (flèche F2), on a formé un fil imprégné et ficelé 10e qui peut être enroulé sur une bobine pour une utilisation ultérieure.

[0040] On se reporte à la [fig.2] représentant une variante du procédé de fabrication d'un fil imprégné à brin simple qui vient d'être décrit en relation avec les figures 1 et 8, dans lequel on utilise deux brins 10a (étape A) ou 10b (étape B) pour former le fil imprégné. Chaque brin torsadé 10b est imprégné de matière organique liquide 12a au niveau de la cuve d'imprégnation 20 (étape C) et ensuite les deux brins torsadés imprégnés 10c sont retorsadés ensemble selon une torsion T2. On forme ainsi un fil imprégné 10d plus gros que chaque brin individuel torsadé imprégnés 10c, et ce alors que la matière organique est encore liquide 12a, dans tous les cas non durcie. De cette façon, cette matière organique réalise une liaison entre les deux brins torsadés imprégnés 10c, ce qui maintient dans le fil imprégné 10d la configuration de la torsion d'ensemble entre les deux brins torsadés imprégnés 10c. Lors de l'étape finale E optionnelle, mais préférentielle, de pose du fil de liaison 13 en hélice autour du fil imprégné 10d, comme la matière organique 12a est encore liquide et n'a pas totalement durci, elle réalise également une liaison retenant entre eux le fil de liaison 13 en hélice autour du fil imprégné 10d, et pour former un fil imprégné et ficelé 10e. Une fois la matière organique durcie 12b, elle maintient ces liaisons.

[0041] On se reporte maintenant à la [fig.3] représentant une autres variante du procédé de fabrication d'un fil imprégné, dans lequel on utilise trois brins plats 10a (étape A) ou

trois brins torsadés 10b (étape B) pour former le fil imprégné. Chaque brin torsadé 10b est imprégné de matière organique liquide 12a au niveau de la cuve d'imprégnation (étape C) et ensuite les trois brins torsadés imprégnés 10c sont retorsadés ensemble (étape D) selon une torsion d'ensemble T2. On forme ainsi un fil imprégné 10d plus gros que chaque brin individuel torsadé imprégnés 10c, et ce alors que la matière organique est encore liquide 12a, dans tous les cas non durcie. De cette façon, cette matière organique 12 réalise une liaison entre les trois brins torsadés imprégnés 10c, ce qui maintient la configuration de la torsion d'ensemble entre les trois brins torsadés imprégnés 10c dans le fil imprégné 10d. Si on utilise un fil de liaison 13 en hélice autour du fil imprégné 10d, comme représenté sur la [fig.3], et ce alors que la matière organique 12a est encore liquide et n'a pas totalement durci, cette la matière organique 12a réalise non seulement une liaison entre les trois brins torsadés imprégnés 10c du fil imprégné 10d, mais également une liaison retenant le fil de liaison 13 en hélice autour du fil imprégné 10d, et pour former un fil imprégné et ficelé 10e. Une fois la matière organique durcie 12b, elle maintient ces liaisons.

[0042] On vient de décrire en relation avec les figures 1, 8, 2 et 3, les cas dans lesquels le fil imprégné résulte d'un seul brin, de deux brins ou de trois brins, mais on comprend que selon l'invention, on peut envisager d'utiliser encore davantage de brins torsadés individuellement et torsadés ensemble entre eux (4 brins, 5 brins ou davantage de brins).

[0043] A noter que l'expression « fil imprégné et ficelé » peut être remplacée par « fil imprégné » et inversement dans le présent texte car le recours au fil de liaison 13 disposé en hélice autour du fil imprégné n'est pas systématique dans le cadre de la présente invention.

[0044] On se reporte à la [fig.5] illustrant une des possibilités de mise en œuvre de l'étape d'imprégnation, avec la cuve d'imprégnation 20 remplie de matière organique liquide 12a et délimitant un passage 21 entre l'entrée 20a et la sortie 20b de la cuve d'imprégnation 20. Selon une disposition essentielle pour permettre la bonne imprégnation des brins 10b par la matière organique liquide 12a, il existe dans le passage 21 suivi par chacun des brins torsadés 10b, une ou plusieurs zone(s) de contact 20c avec une paroi appartenant à la face du passage 21, donc de la face interne de la cuve d'imprégnation 20. Dans le cas de figure représenté sur la [fig.5], ces zones de contact 20c sont situées sur la face latérale des cylindres 22 placés dans la cuve d'imprégnation 20 et contournés par les brins torsadés 10b qui parcourent de ce fait un passage 21 en forme de vague ou d'onde. D'autres configurations non représentées sont possibles pour forcer le contact individuel des brins torsadés 10b contre une face du passage 21 alors que les brins 10b baignent dans la matière organique liquide 12a, par exemple avec des parois en zig-zag de la cuve d'imprégnation 20. D'une façon générale, le passage 21 est sinueux.

- [0045] Ainsi, on comprend que du fait de ce frottement et de la pression des brins torsadés 10b sur ces zones de contact, la pénétration de la matière organique liquide 12a dans le brin 10b est favorisée, et ce notamment car ce contact a tendance à écarter entre elles les fibres 11 du brin torsadé 10b et à créer une suppression locale sur la matière organique liquide 12a. A la sortie du passage 21 et des contacts précités, on obtient des brins torsadés imprégnés 10c avec une torsion individuelle T1 conforme à celle avant le passage dans la cuve d'imprégnation, ces brins étant très imprégnés, voire entièrement imprégnés de matière organique 12a. Grâce à cet agencement, on réalise une étape d'imprégnation efficace qui permet d'avoir à la sortie de la cuve d'imprégnation 20 des brins imprégnés 10c avec une imprégnation de matière organique dans au moins 60% de leur volume, en général dans au moins 70% de leur volume, de préférence dans au moins 80%, voire au moins 90% ou 95%. Dans certains cas, on parvient à obtenir une imprégnation de matière organique dans tout (100%) le volume des brins imprégnés 10c. Cette quantité importante de matière organique se retrouve dans cette même proportion dans le fil à la fin de la chaîne de fabrication mettant en œuvre le procédé de fabrication selon l'invention.
- [0046] Dans un mode de réalisation correspondant à la [fig.3], chacun desdits brins présente une torsion T1 selon une première orientation lors de leur passage dans la cuve d'imprégnation 20 : cette torsion individuelle est par exemple comprise entre 50 et 300tpm, de préférence entre 100 et 200tpm. Cette première orientation est par exemple en S. Cette première orientation de la torsion T1 résulte dans la formation d'un brin 10b avec des fibres 11 extérieures qui présentent un angle  $\beta$  par rapport à la direction générale P0 du brin 10a.
- [0047] Selon un mode de réalisation, ledit fil imprégné 10 d comporte au moins deux brins torsadés 10b (de préférence trois brins torsadés 10b ) séparés entre eux en amont de la cuve d'imprégnation 20 et passant simultanément dans ledit passage 21. Par exemple, le fil imprégné 10 d est composé de 2 à 10 brins individuels de 200 à 1500 tex, de préférence de 3 à 6 brins de 200 à 800 tex, de préférence de 3 à 6 brins de 300 à 600 tex. Selon une alternative de réalisation, on utilise plusieurs cuves d'imprégnation séparées travaillant en parallèle, une pour l'imprégnation de chaque brin 10b.
- [0048] Par exemple, les brins torsadés 10b pénètrent dans la cuve d'imprégnation à travers un trou ajusté au niveau de l'entrée 20a de la cuve d'imprégnation 20 (à droite sur la [fig.5]), assez grand pour éviter un blocage, mais assez petit pour éviter une fuite de matière organique liquide, par exemple du poly propylène (exemple un trou de 2.5mm de diamètre pour trois brins torsadés 10b de 555tex chacun). Egalement, par exemple, les brins torsadés imprégnés 10c ressortent par un trou calibré au niveau de la sortie 20b de la cuve d'imprégnation 20 (à gauche sur la [fig.5]) qui déterminera le rayon final du fil imprégné 10d et la quantité de matière organique de ce fil imprégné 10d.

(exemple un trou de 2mm de diamètre pour trois brins torsadés 10b de 555tex chacun). Le diamètre de ce trou de sortie sera ajusté pour obtenir la fraction de matière organique et de fibres voulues dans le fil imprégné 10d. La fraction sera typiquement entre 30 et 70% en poids de matière organique, de préférence entre 40 et 60% en poids de matière organique dans le fil imprégné 10d.

- [0049] Selon un mode de réalisation, le brin 10a ou 10b ou chacun desdits brins 10a ou 10b consiste uniquement en des fibres végétales. Ces fibres végétales appartiennent au groupe comprenant les matériaux suivants : lin, chanvre, sisal, jute, abaca, kenaf, ortie, ramie, kapok, abaca, henequen, ananas, banane, palmier, et fibres de bois.
- [0050] Selon un mode de réalisation, la matière organique utilisée pour l'imprégnation comporte un polymère ou un mélange de polymères.
- [0051] Selon un mode de réalisation, le polymère appartient au groupe comprenant les polyoléfines, le polypropylène (PP), le polypropylène, greffée d'anhydride maléique (maPP), le polyéthylène (PE), le polyamide ou co-polyamide, le polyester ou co-polyester, le polyuréthane thermoplastique, le co-Polyoxyméthylène, les esters de cellulose thermoplastique (Cellulose acetate propionate), l'acide polylactique (PLA) ou dérivés de ces derniers ou un mélange de ces derniers. Par exemple, on utilise un mélange de polypropylène et de polypropylène greffée d'anhydride maléique (maPP) qui favorise l'adhésion du polymère avec les fibres naturelles. On peut à titre d'exemple utiliser un tel mélange avec 3 à 10% de ma PP en poids.
- [0052] Selon un mode de réalisation, la matière organique présente une viscosité telle que le Melt Flow Index est supérieur à 10 g/10min, de préférence supérieur à 34 g/10min.
- [0053] Pour mettre en œuvre le procédé de fabrication d'un fil imprégné tel que décrit précédemment, notamment en relation avec les figures 1 à 3, on peut utiliser une unité de fabrication 100 telle qu'illustrée schématiquement sur la [fig.4]. On retrouve le sens d'avancement de la droite vers la gauche des figures 1 à 3, entre une entrée F1 et une sortie F2 . A l'entrée de cette unité de fabrication 100, trois dévidoirs 110 permettent l'alimentation de l'unité de fabrication 100 avec trois brins torsadés 10b correspondant à l'étape B de la [fig.3].
- [0054] Dans le cas représenté, on réalise un séchage des brins torsadés 10b par passage dans un module de séchage 120, lequel séchage pourrait être omis dans d'autres variantes de mise en œuvre. Cependant, on constate que les fibres naturelles présentent toujours 4-8% d'humidité. Lorsque ces fibres 11 pénètrent dans la cuve d'imprégnation qui est par exemple portée à 190°C, cette humidité forme de la vapeur d'eau et s'échappe des fibres. En s'échappant, la vapeur repousse la matière organique et nuit à l'imprégnation des fibres formant les brins. Les brins torsadés 10b peuvent être très facilement séchés en transitant avant l'entrée dans la cuve d'imprégnation dans un module de séchage 120 formé d'un tube avec un flux d'air chaud entre 100-150°C. Il est aussi possible de

sécher les brins torsadés 10b au préalable et de maintenir les bobines qui se déroulent sur les dévidoirs 110 dans une atmosphère sèche.

- [0055] De cette façon, préalablement à l'entrée dans la cuve d'imprégnation 20 du brin 10b ou desdits brins 10b, on réalise le séchage dudit brin 10b ou desdits brins 10b.
- [0056] La cuve d'imprégnation 20 préalablement décrite est disposée juste en aval du module de séchage 120, avec une extrudeuse 23 qui alimente la cuve 20 en matière organique liquide.
- [0057] La fin de l'unité de fabrication 100 comporte, en aval de la cuve d'imprégnation 20, un module d'entraînement, d'enroulement et de retordage 140 comportant une bobine de réception du fil imprégné 10d (ou du fil imprégné et ficelé 10e). De cette façon, lorsqu'on fait passer l'extrémité libre du fil imprégné 10d dans le module d'entraînement, d'enroulement et de retordage 140, et que l'on active ledit module d'entraînement, d'enroulement et de retordage 140 on fait avancer le fil imprégné et on réalise sa torsion d'ensemble ainsi que son enroulement sur un support au fur et à mesure de l'avancée du fil imprégné, ce par quoi on obtient un fil imprégné torsadé 10d (et éventuellement ficelé) qui est enroulé sur une bobine du module d'entraînement, d'enroulement et de retordage 140.
- [0058] De cette façon, on réalise, après l'étape C d'imprégnation, une étape ( étape D) de torsion du fil imprégné 10d au cours de laquelle est réalisée une torsion d'ensemble correspondant à une torsion T2 entre eux de tous les brins en aval de la cuve d'imprégnation 20, alors que la matière organique est encore à l'état liquide, ce par quoi la matière organique 12a réalise une liaison entre les brins 10c dans leur état torsadé entre eux, résultant dans la formation d'un fil imprégné et torsadé 10d.
- [0059] Selon un mode de réalisation, la torsion d'ensemble est réalisée selon une deuxième orientation T2 différente de la première orientation T1. Ainsi, si la torsion individuelle T1 de chaque brin 10c est en S (sens anti-horaire par rapport à la direction d'avancement du fil), on réalisera avec ledit module d'entraînement, d'enroulement et de retordage 140 une torsion d'ensemble du fil 10d en Z (sens horaire par rapport à la direction d'avancement du fil).
- [0060] Grâce à ces dispositions, le degré de torsion T2 est choisi pour que les fibres 11 extérieures dudit brin 10c ou desdits brins 10c forment un angle  $\delta$  aigu ou nul, faible, compris entre  $-20^\circ$  et  $+20^\circ$  avec la direction longitudinale ou principale P1 du fil imprégné 10d. Selon une autre possibilité, cet angle  $\delta$  est compris entre  $+10^\circ$  et  $-10^\circ$ , voire entre  $+5^\circ$  et  $-5^\circ$  et éventuellement entre  $+3^\circ$  et  $-3^\circ$ . Par « fibres extérieures », on entend la portion des fibres de chaque brin qui est située en surface du fil imprégné (et torsadé). En effet, dans les cas où les brins 10b ont des fibres avec une certaine torsion selon une première orientation (angle  $\delta$  si cumul des torsions T1 et T1', ou angle  $\beta$  si torsion T1 seulement), en retordant les brins ensemble selon une deuxième orientation

(torsion d'ensemble T2), on réduit, voire on arrive à annuler l'angle  $\delta$  (et éventuellement  $\epsilon$  en présence d'un fil de liaison 13) formé entre les fibres extérieures des brins et la direction principale P1 du fil 10d ou 10e. Ceci est visible notamment sur la [fig.3] ou les fibres 11, visibles dans la portion D représentant le fil imprégné 10d avec torsion d'ensemble, et formant des fibres extérieures, sont sensiblement parallèles à la direction principale P1 du fil imprégné 10d (angle  $\epsilon$  noté comme proche de 0, à savoir  $\epsilon \sim 0$ , par rapport à P1).

- [0061] Cette situation dans laquelle les fibres extérieures 11 sont orientées à  $0^\circ$  (longitudinales) dans le fil imprégné 10d, permet de disposer de fils imprégnés rigides au maximum en flexion, ce qui engendrera de bonnes qualités de résistance à la flexion lorsque ces fils sont intégrés comme nervures à la surface dans un produit composite à paroi mince.
- [0062] Comme en flexion, ce sont essentiellement les fibres extérieures du fil imprégné qui sont sollicitées, une géométrie de fil avec les fibres extérieures du fil à  $0^\circ$  (longitudinales) est avantageuse. Ceci est possible en retordant (torsion T2) plusieurs fils individuels dans un sens de torsion inverse aux brins individuels (si les brins individuels ont une torsion T1 en S, le fil est retordu en Z pour la torsion T2) de sorte à obtenir les fibres extérieures à  $0^\circ$  ou proche de  $0^\circ$ . Par exemple, en retordant avec une torsion de 73tpm trois brins individuels de 555tex ayant une torsion de 158tpm, on obtient un angle de fibres de  $0^\circ$  à l'extérieur du fil de 1665 tex (par exemple en lin). Ainsi, en travaillant avec des brins individuels retordus pour former un gros fil, il est possible d'optimiser l'angle des fibres 11 afin d'avoir de bonnes propriétés en flexion (fibres 11 extérieures à  $0^\circ$ ) et une bonne résistance en compression radiale du fil (fibres 11 intérieures avec angle de torsion assez important).
- [0063] Comme l'opération de l'étape D de torsion de tous les fils 10c individuels en un plus gros fil 10d s'effectue alors que la matière organique 12a est encore à l'état fondu, cette torsion d'ensemble crée une compaction supplémentaire du fil 10d qui presse encore la matière organique à l'intérieur des fils individuels 10c et en améliore l'imprégnation.
- [0064] Dans le mode de réalisation représenté sur les figures 1 à 3, on réalise (étape E) l'étape suivante : on fournit un fil de liaison 13 et on enroule le dit fil de liaison 13 autour du fil imprégné 10d de matière organique en aval de la cuve d'imprégnation, ce par quoi on forme un fil imprégné et ficelé 10e. Ce fil de liaison 13 est posé en hélice tout autour du fil imprégné 10d alors que la matière organique 12a est encore liquide pour assurer la fixation de ce fil de liaison 13 sur le fil imprégné 10d et obtenir une bonne cohésion pour le fil imprégné et ficelé 10e. Par exemple, ce fil de liaison comporte un poids linéique compris entre 10 et 60 tex, de préférence compris entre 15 et 45 tex. Le poids ajouté par le fil de liaison sera typiquement de 1 à 15% du poids

total du fil imprégné et ficelé 10e, de préférence de 2 à 10%.

- [0065] Parmi les avantages de la présence de ce fil de liaison 13, il faut relever qu'il contribue à maintenir une forme circulaire à la section du fil imprégné et ficelé 10e, et au principal à augmenter sa résistance à la compression radiale. Ceci est avantageux lorsque le fil imprégné et ficelé 10e est utilisé dans un produit composite à paroi mince comme nervures à sa surface, car pendant le procédé de fabrication du produit composite à paroi mince le produit est comprimé, soit par une membrane flexible sous pression, soit par un tampon flexible (par exemple un substrat silicone). Lors de cette opération, les fils composant les nervures tendent à être écrasés et l'efficacité des nervures est ainsi réduite. Comme lors d'une sollicitation en flexion, la rigidité dépend de l'épaisseur de la structure à la puissance trois, l'épaisseur des nervures a une influence dominante sur la rigidité en flexion du produit composite à paroi mince.
- [0066] Le fil de liaison 13 peut être un fil en fibres végétales (par exemple lin, coton, chanvre...) ou peut être synthétique (fil en polymère tel que polyester, polyamide, ou en fibres de verre, fibres de carbone, aramide). Ce fil de liaison 13 ne doit pas fondre ou devenir trop souple à la température de mise en œuvre du produit composite (180-210°C), sinon le fil de liaison 13 se déformera lors de la compression de la pièce et il perd toute son utilité en confinement et maintien de la forme du fil imprégné et ficelé 10e.
- [0067] Ainsi, en cas de présence d'un fil de liaison torsadé 13 dans le fil imprégné 10e, ce fil de liaison 13 est posé (étape E) après l'étape D de torsion d'ensemble du fil, et ce alors que le module de dépose du fil de liaison 130 est disposé en amont du (avant le) module d'entraînement, d'enroulement et de retordage 140. On comprend en effet que le retordage (torsion d'ensemble T2) de tous les brins du fil est réalisé par le module d'entraînement, d'enroulement et de retordage 140 mais que cette mise en torsion d'ensemble se propage jusqu'à la sortie de la cuve d'imprégnation 20 (sur la [fig.4], à la sortie – à gauche- de la cuve d'imprégnation 20, les trois brins torsadés imprégnés 10c sont différenciés (séparés) pour juste après être associés dans le fil imprégné 10d).
- [0068] Selon une possibilité non illustrée, on fournit au moins deux fils de liaison 13 en aval de la cuve d'imprégnation, et on dispose en continu lesdits fils de liaison en hélice, avec des sens différents, autour du fil imprégné 10d au fur et à mesure de son avancée par la sortie de la cuve d'imprégnation, ce par quoi on forme un fil imprégné et ficelé 10e. Dans un cas de réalisation, on dispose exactement deux fils de liaison 13 en hélice autour du fil imprégné 10d avec un sens de rotation inverse, ce par quoi les deux fils de liaison 13 se croisent à la surface du fil imprégné et ficelé 10e.
- [0069] Pour la pose de ce fil de liaison 13 ou de deux ou davantage de fils de liaison 13, différentes méthodes sont possibles. Dans une première solution, le fil imprégné passe à l'intérieur de la bobine du fil de liaison, ladite bobine tournant à la vitesse déterminée

pour obtenir la densité de fil de liaison voulue. La bobine tournant à haute vitesse, la tension sur le petit fil de liaison est générée par l'inertie de ce fil de liaison tournant à haute vitesse autour du fil imprégné. Alternativement, la bobine de fil de liaison peut tourner autour du fil imprégné, et la tension dans le fil de liaison est générée en freinant le déroulage de la bobine. Dans les deux cas, le fil imprégné n'a pas de contact avec l'unité de dépose du fil de liaison autre que le fil de liaison lui-même, et ce afin de ne pas nuire au processus de retordage qui s'effectue entre le module d'entraînement, d'enroulement et de retordage 140 et la cuve d'imprégnation 20.

[0070] Pour le module d'entraînement, d'enroulement et de retordage 140, on peut utiliser un système d'enroulement où la bobine qui enroule le fil imprégné tourne à la fois sur son axe propre pour enrouler le fil imprégné, et sur l'axe du fil imprégné pour créer de la torsion. La seconde manière est celle du rouet, avec l'épinglier tournant autour de la bobine. La vitesse de rotation de l'épinglier détermine la torsion, et le différentiel de vitesse entre la bobine et l'épinglier contrôle la vitesse d'avance du fil imprégné. Le pilotage précis de ces deux vitesses peut se faire avec des moteurs pas à pas, avec des moteurs synchrones ou des servo-moteurs.

[0071] Selon une autre possibilité visible sur la [fig.8], le brin initial 10a se présente sous la forme d'un ruban aux fibres 11 alignées, avec des fibres 11 présentant un angle proche de 0° par rapport à la direction principale P0 du ruban, passant au travers d'un bain de polymère (ou plus généralement de matière organique) fondu dans une cuve d'imprégnation avant que le fil de liaison 3 soit posé en hélice autour du fil imprégné 10d.

[0072] Comme indiqué précédemment, l'invention porte également sur un produit composite à paroi mince comportant des fils imprégnés tels que décrits précédemment, ledit produit composite présentant une face nervurée, lesdites nervures étant créées au moins en partie par lesdits fils imprégnés, et dans certains cas toutes les nervures étant formées par des fils imprégnés.

[0073] Selon une possibilité, un tel produit composite à paroi mince nervuré résulte d'un procédé comportant les étapes suivantes :

- fourniture d'un support tel qu'un mat
- fabrication de fils imprégnés selon le procédé précédemment décrit,
- assemblage des fils imprégnés pour former un treillis dans lequel les fils imprégnés s'entrecroisent,
- empilement du treillis et du support, et
- moulage par compression du treillis et du support empilés, ce par quoi on forme un produit composite, présentant une face nervurée, lesdites nervures étant créées au moins en partie par les fils imprégnés.

[0074] Un exemple d'un tel produit composite à paroi mince nervuré 30 est illustré sur les

figures 6A et 6B et sur la [fig.7] sous forme d'une portion de pièce utilisable par exemple comme pièce d'habillage d'un habitacle d'automobile . Ce produit composite à paroi mince nervuré 30 comporte un treillis 32 et un support 34 superposés et reliés entre eux. Le treillis 32 est formé de fils imprégnés et ficelés 10e qui sont maintenus ensemble en s'entrecroisant par un fil d'assemblage, par exemple en polyester, par exemple un fil de 10 à 100 dtex, appliqué par couture, tricotage ou tissage avec les imprégnés et ficelés 10e du treillis 32.

- [0075] La liaison entre le treillis 32 et le support 34 est réalisée par le polymère lui-même, soit lors de l'étape de moulage par compression, soit lors d'une étape de prélamination à chaud. Alternativement, le treillis 32 peut être cousu sur le support 34.
- [0076] Selon un autre procédé de fabrication, on fournit deux supports 34 et on empile le treillis 32 avec les deux supports 34, les deux supports 34 étant de part et d'autre dudit treillis 32 pour former un empilement sandwich.
- [0077] Selon un mode de réalisation, le support 34 (ou les deux supports) est (sont) choisi(s) parmi un support de matériau tissé, un support de matériau non-tissé, un support composé de fibres unidirectionnelles ou multidirectionnelles, un mat, une nappe, un feutre.
- [0078] Selon un mode de réalisation, ledit support 34 (ou les deux supports) est (sont) pré-imprégné(s) d'un polymère (ou plus généralement d'une matière organique) identique ou différent du polymère (ou plus généralement de la matière organique) des fils imprégnés du treillis.
- [0079] Selon un mode de réalisation, le treillis 32 comprend une maille avec une ouverture de maille supérieure ou égale à 1 cm, de préférence compris entre 1 cm et 6 cm, préférentiellement entre 1 cm et 3 cm.
- [0080] Le fil imprégné décrit précédemment est utilisé pour former un treillis 32 ou une grille. La grille peut avoir des fils parallèles dans deux directions pour créer un maillage carré, rectangulaire ou parallélepipedique. Elle peut aussi avoir trois ou quatre directions de fil. Une grille au maillage carré aura typiquement une maille de 5-100mm, selon la taille du fil utilisé, typiquement un maillage de 10-30mm avec un fil composé de 1500tex de lin imprégné. La grille peut être réalisée par une méthode textile, avec un petit fil liant les fils imprégnés entre eux, par exemple par tricotage. La grille peut aussi être obtenue en soudant thermiquement les fils imprégnés à leurs croisements, soit en chauffant, soit par ultrason. Pour obtenir le produit composite final désiré, la grille est ensuite combinée avec d'autres couches composites lors de l'étape de thermocompression (par exemple des mats de fibres naturelles et PP, ou des mat de fibres de polyester et PP....)
- [0081] Selon une autre possibilité, on propose un procédé de fabrication d'un produit composite à paroi mince nervuré, comprenant les étapes suivantes :

- fabrication de fils imprégnés selon l'un des procédés précédemment décrits,
- fourniture de fils de base présentant une taille inférieure aux fils imprégnés,
- tissage ou tricotage des fils de base avec lesdits fils imprégnés, pour former une préforme,
- moulage par compression de la préforme, ce par quoi on forme un produit composite présentant une face nervurée, lesdites nervures étant créées au moins en partie par les fils imprégnés.

- [0082] La préforme comportant les fils imprégnés doit être mise en forme afin d'obtenir ledit produit composite avec des nervures de renfort. Plusieurs méthodes sont possibles. Pour la thermocompression, la préforme est chauffée dans un four afin de fondre le polymère. La couche de base et la préforme comprenant les fils imprégnés peuvent soit être combinées au préalable et chauffées ensemble, si leur température et méthode de chauffage concordent, ou alors chauffées séparément, mais simultanément. La préforme et la couche de base sont placées dans le moule dans une presse et la presse est fermée pour compacter et former le produit composite. Une fois le polymère refroidi et durci, la pièce est démoulée. Le moule utilisé est rigide du côté lisse de la pièce, mais comporte un substrat mou, par exemple une couche de 2-10mm de silicone, du côté nervuré, afin de ne pas écraser les nervures créées par les fils imprégnés 10d ou 10e décrits précédemment. Alternativement, la pression peut être exercée par une membrane souple mise sous pression sur la face nervurée. Aussi, le cycle de chauffe refroidissement peut également se faire dans le moule
- [0083] Les nervures peuvent être obtenues à des endroits spécifiquement choisis en utilisant un robot de dépose qui va déposer précisément les fils imprégnés 10d ou 10e voulus sur une couche de base (par exemple un mat), selon un schéma de renfort spécifique. La liaison avec la couche de base peut se faire en fondant le polymère, ou en cousant localement le fil imprégné.
- [0084] Le produit composite présenté ici présente une paroi mince ce qui signifie qu'il est en général au départ sous forme d'une feuille ou d'un panneau dont une des dimensions est bien plus petite (au moins 10 fois plus petite) que les deux autres.
- [0085] Un tel produit composite peut revêtir une multitude de géométries, parmi lesquelles une feuille plane, une feuille non plane, et notamment une feuille avec une face convexe et une face concave, ou encore une feuille ondulée, une forme creuse tridimensionnelle, et notamment un tube creux de section circulaire, de section polygonale ou une autre forme, et notamment toute coque tri-dimensionnelle à paroi mince.
- [0086] Ainsi, et de façon non limitative, on propose de fabriquer un article comprenant une portion à paroi mince dans lequel ladite portion à paroi mince est formée d'un produit composite à paroi mince fabriqué selon l'un des procédés précédemment décrits. Un tel article intégrant un produit composite à paroi mince est utilisable dans différentes

application et notamment appartient au groupe comprenant :

une pièce de carrosserie automobile, notamment les portes, le toit, le capot, les ailes, l'aileron, le spoiler, les pare-chocs avant et arrière, les kits aérodynamiques, ou des pièces intérieures automobiles notamment les couvertures de portière, le tableau de bord, la console centrale, les habillages de pilier, les habillages de coffre, le pavillon, ou des articles de sport tels qu'une coque de canoé, kayak ou bateau léger, un cadre de bicyclette, ou encore un élément de mobilier, ou des pièces d'intérieur d'avion, notamment les panneaux latéraux, les panneaux de plafond, les coffres à bagage, ou des pièces aérodynamiques d'avion léger, notamment le capot moteur, les capots de roue, ou tout carénage aérodynamique d'un engin mobile, ou encore une coque de valise.

[0087]

[Tableaux1]

	Numéros de référence employés sur les figures
A	Etape d'alimentation de brin(s) 10a
B	Etape de torsion du (des) brin(s) 10a
C	Etape d'imprégnation du (des) brin(s) 10b
D	Etape de retordage de l'ensemble des brins 10c
E	Etape de pose du fil de liaison 13 sur le fil 10d
F1	Entrée
F2	Sortie
T1	Torsion individuelle des brins
T1'	Torsion supplémentaire individuelle des brins
T2	Torsion d'ensemble du fil
P0	Direction principale du brin
P1	Direction principale du fil
$\alpha$	Angle entre les fibres extérieures 11 et le brin 10a (étape A)
$\beta$	Angle entre les fibres extérieures 11 et le brin 10b (étape B)
$\delta$	Angle entre les fibres extérieures 11 et le fil 10d imprégné et torsadé (étape D)
$\varepsilon$	Angle entre les fibres extérieures 11 et le fil imprégné, torsadé et ficelé 10e (étape E)
10a	Brin plat
10b	Brin torsadé
10c	Brin torsadé imprégné (fil imprégné si un seul brin)
10d	Fil imprégné avec torsion d'ensemble
10e	Fil imprégné et ficelé
11	Fibres
12a	Matière organique liquide
12b	Matière organique durci
13	Fil de liaison
20	Cuve d'imprégnation
20a	Entrée de la cuve

20b	Sortie de la cuve
20c	Zone de contact des brins dans le passage 21
21	Passage
22	Cylindre
23	Extrudeuse
30	Produit composite à paroi mince nervuré
32	Treillis
34	Support
100	Unité de fabrication
110	Dévidoirs
120	Module de séchage
130	Module de dépose du fil de liaison
140	Unité d'entraînement, d'enroulement et de retordage

## Revendications

[Revendication 1]

Procédé de fabrication d'un fil imprégné (10d; 10e) à partir d'au moins deux brins (10a; 10b) comprenant des fibres végétales (11), dans lequel les étapes suivantes sont mises en œuvre :

- fournir au moins deux brins (10a; 10b) continus comprenant des fibres (11) végétales,
- fournir une cuve d'imprégnation (20) délimitant un passage (21) sinueux entre une entrée et une sortie,
- alimenter la cuve avec un bain de matière polymère thermoplastique (12a) fondue remplissant ledit passage (21) en permanence,
- disposer lesdits brins (10a; 10b) de sorte qu'ils soient séparés entre eux en amont de la cuve d'imprégnation (20), qu'ils pénètrent dans la cuve d'imprégnation (20) par ladite entrée, qu'il suive simultanément le passage (21) en étant immergé dans la matière polymère thermoplastique (12a) et en présentant au moins une zone de contact (20c) avec une face du passage (21), et qu'il ressorte de la cuve d'imprégnation (20) par ladite sortie, et
- imprégner le brin (10a; 10b) en faisant avancer en continu ledit brin (10a; 10b) de façon à former un brin (10a; 10b) imprégné de la matière polymère thermoplastique (12a), ce par quoi on forme un fil imprégné (10d; 10e),
- dans lequel chacun desdits brins (10a; 10b) présente une torsion (T1) selon une première orientation lors de leur passage (21) dans la cuve d'imprégnation (20), et
- dans lequel on réalise en outre, après l'étape d'imprégnation, une étape de torsion du fil au cours de laquelle est réalisée une torsion d'ensemble correspondant à une torsion (T2) entre eux de tous les brins (10a; 10b) en aval de la cuve d'imprégnation (20), alors que la matière thermoplastique (12a) est encore à l'état liquide, ce par quoi la matière thermoplastique (12a) réalise une liaison entre les brins (10a; 10b) dans leur état torsadé entre eux, résultant dans la formation d'un fil imprégné (10d; 10e) et torsadé, et dans lequel ladite torsion d'ensemble (T2) est réalisée selon une deuxième orientation différente de la première orientation.

[Revendication 2]

Procédé de fabrication d'un fil imprégné (10d; 10e) selon la revendication 1, dans lequel l'étape suivante est en outre mise en œuvre :

- fournir un fil de liaison (13) et enrouler le dit fil de liaison (13) autour

du fil imprégné (10d) de matière polymère thermoplastique en aval de la cuve d'imprégnation (20), ce par quoi on forme un fil imprégné et ficelé (10e).

- [Revendication 3] Procédé de fabrication d'un fil imprégné (10d; 10e) selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel les fibres (11) extérieures dudit brin (10a; 10b) ou desdits brins (10a; 10b) forme(nt) un angle ( $\delta$ ) compris entre  $-20^\circ$  et  $+20^\circ$  avec la direction longitudinale ou principale du fil imprégné, de préférence un angle ( $\delta$ ) compris entre  $+10^\circ$  et  $-10^\circ$ , et de préférence un angle ( $\delta$ ) compris entre  $+5^\circ$  et  $-5^\circ$ .
- [Revendication 4] Procédé de fabrication d'un fil imprégné (10d; 10e) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel ledit brin (10a; 10b) consiste uniquement en des fibres (11) végétales.
- [Revendication 5] Procédé de fabrication d'un fil selon la revendication 4, dans lequel les fibres (11) végétales appartiennent au groupe comprenant les matériaux suivants : lin, chanvre, sisal, jute, abaca, kenaf, ortie, ramie, kapok, abaca, henequen, ananas, banane, palmier, et fibres de bois.
- [Revendication 6] Procédé de fabrication d'un fil selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la matière polymère thermoplastique (12a) appartient au groupe comprenant les polyoléfines, le polypropylène (PP), le polypropylène greffée d'anhydride maléique (maPP), le polyéthylène (PE), le polyamide ou co-polyamide, le polyester ou co-polyester, le polyuréthane thermoplastique, le co-Polyoxyméthylène, les esters de cellulose thermoplastique, le Cellulose acetate propionate), l'acide polylactique (PLA) ou dérivés de ces derniers ou un mélange de ces derniers.
- [Revendication 7] Procédé de fabrication d'un fil selon la revendication précédente, dans lequel la matière polymère thermoplastique (12a) fondue présente une viscosité telle que le Melt Flow Index est supérieur à 10 g/10min, de préférence supérieur à 34 g/10min.
- [Revendication 8] Procédé de fabrication d'un fil selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel le fil imprégné (10d) comporte entre 30 et 70% en poids de matière thermoplastique.
- [Revendication 9] Procédé de fabrication d'un fil selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel préalablement à l'entrée dans la cuve d'imprégnation (20) du brin (10a; 10b), on réalise en outre le séchage dudit brin (10a; 10b).
- [Revendication 10] Procédé de fabrication d'un fil selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel on réalise en outre lesdites étapes suivantes :
- fournir au moins deux fils de liaison (13) en aval de la cuve

d'imprégnation (20),

- disposer en continu lesdits fils de liaison (13) en hélice, avec des sens différents, autour du fil imprégné (10d) au fur et à mesure de son avancée par la sortie de la cuve d'imprégnation (20), ce par quoi on forme un fil imprégné et ficelé (10e).

- [Revendication 11] Procédé de fabrication d'un fil selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel on réalise en outre lesdites étapes suivantes :
- - fournir un module d'entraînement, d'enroulement et de retordage (140) disposée en aval de la cuve d'imprégnation (20),
  - - faire passer l'extrémité libre du fil imprégné (10d; 10e) dans le module d'entraînement, d'enroulement et de retordage, et
  - - activer ledit module d'entraînement, d'enroulement et de retordage (140) pour faire avancer le fil imprégné (10d; 10e) et réaliser sa torsion d'ensemble (T2) ainsi que son enroulement sur un support au fur et à mesure de l'avancée du fil imprégné (10d; 10e).
- [Revendication 12] Procédé de fabrication d'un produit composite à paroi mince comprenant les étapes suivantes :
- fourniture d'un support (34) tel qu'un mat
  - fabrication de fils imprégnés selon le procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 11,
  - assemblage des fils imprégnés pour former un treillis (32) dans lequel les fils imprégnés s'entrecroisent,
  - empilement du treillis (32) et du support (34), et
  - moulage par compression du treillis (32) et du support (34) empilés, ce par quoi on forme un produit composite, présentant une face nervurée, lesdites nervures étant créées au moins en partie par les fils imprégnés.
- [Revendication 13] Procédé de fabrication d'un produit composite à paroi mince selon la revendication précédente, dans lequel les fils du treillis (32) sont maintenus ensemble en s'entrecroisant par un fil d'assemblage, par exemple en polyester, appliqué par couture, tricotage ou tissage avec les fils du treillis (32).
- [Revendication 14] Procédé de fabrication d'un produit composite à paroi mince selon l'une des revendications 12 ou 13, dans lequel on fournit deux supports (34) et on empile le treillis (32) avec les deux supports (34), les deux supports (34) étant de part et d'autre dudit treillis (32) pour former un empilement sandwich.
- [Revendication 15] Procédé de fabrication d'un produit composite à paroi mince selon l'une des revendications 12 à 14, dans lequel le support (34) est choisi parmi

un support (34) de matériau tissé, un support (34) de matériau non-tissé, un support (34) composé de fibres (11) unidirectionnelles ou multidirectionnelles, un mat, une nappe, un feutre.

[Revendication 16]

Procédé de fabrication d'un produit composite à paroi mince comprenant les étapes suivantes :

- fabrication de fils imprégnés (10d ; 10e) selon le procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 11,
- fourniture de fils de base présentant une taille inférieure aux fils imprégnés (10d ; 10e),
- tissage ou tricotage des fils de base avec lesdits fils imprégnés (10d ; 10e), pour former une préforme,
- moulage par compression de la préforme, ce par quoi on forme un produit composite présentant une face nervurée, lesdites nervures étant créées au moins en partie par les fils imprégnés (10d ; 10e).

[Revendication 17]

Procédé de fabrication d'un article comprenant une portion à paroi mince dans lequel ladite portion à paroi mince est formée de ou comporte un produit composite à paroi mince fabriqué selon le procédé de l'une des revendications 12 à 16, ledit article appartenant au groupe comprenant :

une pièce de carrosserie automobile, notamment les portes, le toit, le capot, les ailes, l'aileron, le spoiler, les pare-chocs avant et arrière, les kits aérodynamiques, ou des pièces intérieures automobiles notamment les couvertures de portière, le tableau de bord, la console centrale, les habillages de pilier, les habillages de coffre, le pavillon, ou des articles de sport tels qu'une coque de canoé, kayak ou bateau léger, , un cadre de bicyclette, ou encore un élément de mobilier, ou des pièces d'intérieur d'avion, notamment les panneaux latéraux, les panneaux de plafond, les coffres à bagage, ou des pièces aérodynamiques d'avion léger, notamment le capot moteur, les capots de roue, ou tout carénage aérodynamique d'un engin mobile, ou encore une coque de valise.

[Revendication 18]

Fil imprégné (10d; 10e) comportant au moins deux brins (10a; 10b) continus comprenant des fibres (11) végétales, lesdits brins (10a; 10b) étant imprégnés de matière polymère thermoplastique (12a) dans au moins 60% de leur volume, chacun desdits brins (10a; 10b) étant individuellement torsadé, en présentant une torsion (T1) selon une première orientation, et l'ensemble desdits brins (10a; 10b) étant également torsadé dans une configuration maintenue par la matière polymère thermoplastique (12a), selon une torsion d'ensemble (T2) selon une

- deuxième orientation différente de la première orientation.
- [Revendication 19] Fil imprégné (10d; 10e) selon la revendication 18, comportant en outre au moins un fil de liaison (13) enroulé en hélice autour de l'ensemble desdits brins (10a; 10b), formant un fil imprégné et ficelé (10d; 10e).
- [Revendication 20] Fil imprégné (10d; 10e) selon la revendication 18 ou 19, dans lequel les fibres (11) extérieures desdits brins (10a; 10b) forment un angle compris entre  $-20^\circ$  et  $+20^\circ$  avec la direction longitudinale ou principale (P1) du fil imprégné (10d ; 10e).
- [Revendication 21] Fil imprégné (10d; 10e) selon l'une des revendications 18 à 20, dans lequel les brins (10a; 10b) présentent une torsion individuelle (T1) comprise entre 50 et 300tpm, de préférence entre 100 et 200tpm.
- [Revendication 22] Fil imprégné (10d; 10e) selon l'une des revendications 18 à 21, comportant entre trois et six brins (10a; 10b) présentant chacun un poids compris entre 200 et 800 tex, de préférence entre 300 à 600 tex.
- [Revendication 23] Produit composite à paroi mince comportant des fils imprégnés (10d ; 10e) selon l'une des revendications 18 à 22, ledit produit composite présentant une face nervurée, lesdites nervures étant créées au moins en partie par lesdits fils imprégnés (10d ; 10e).

[Fig. 1]

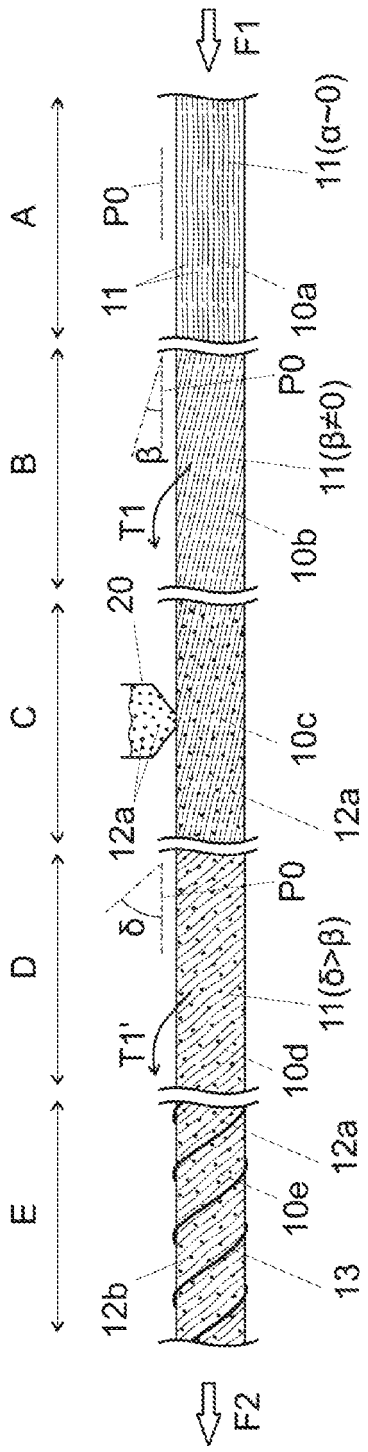


Fig. 1

[Fig. 2]

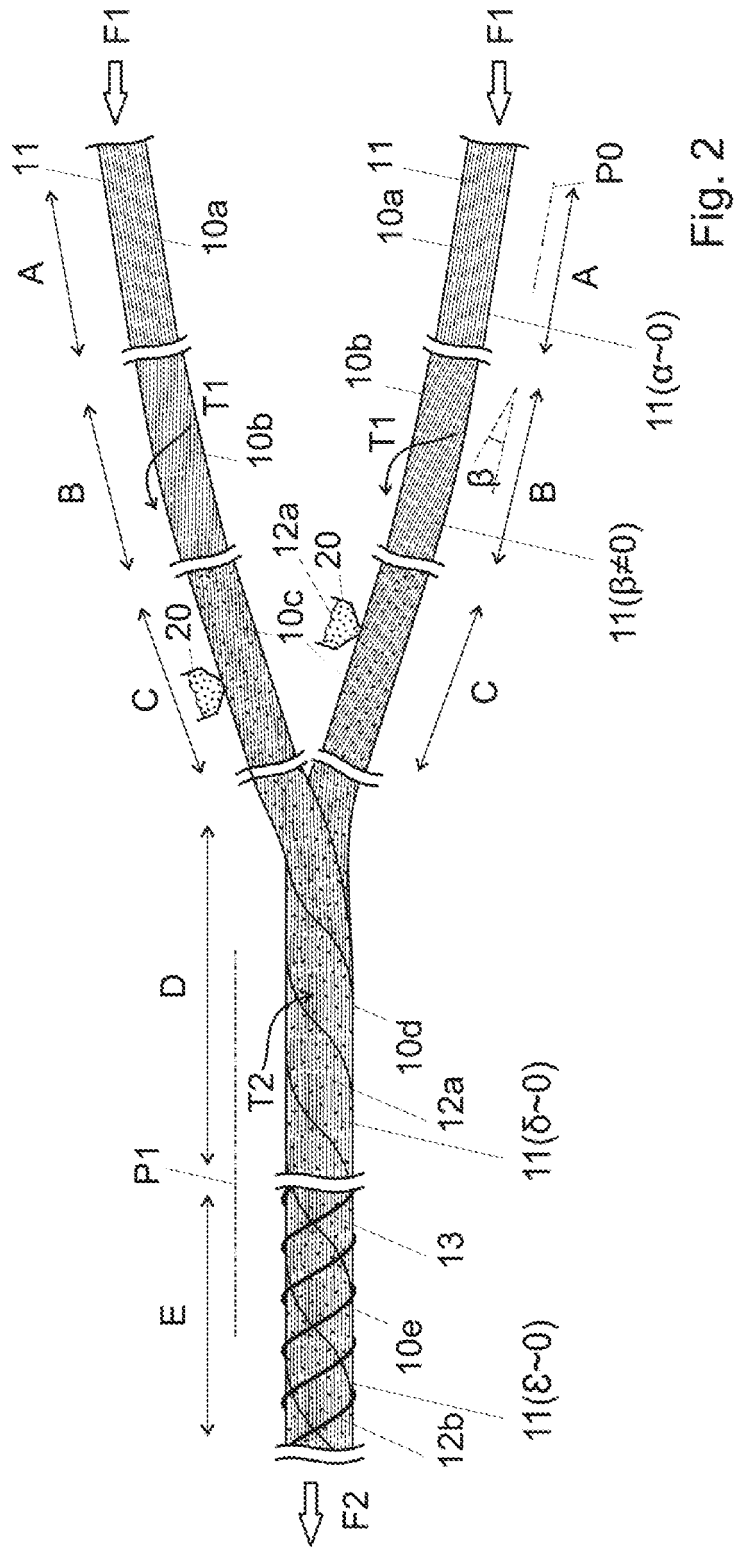


Fig. 2

[Fig. 3]

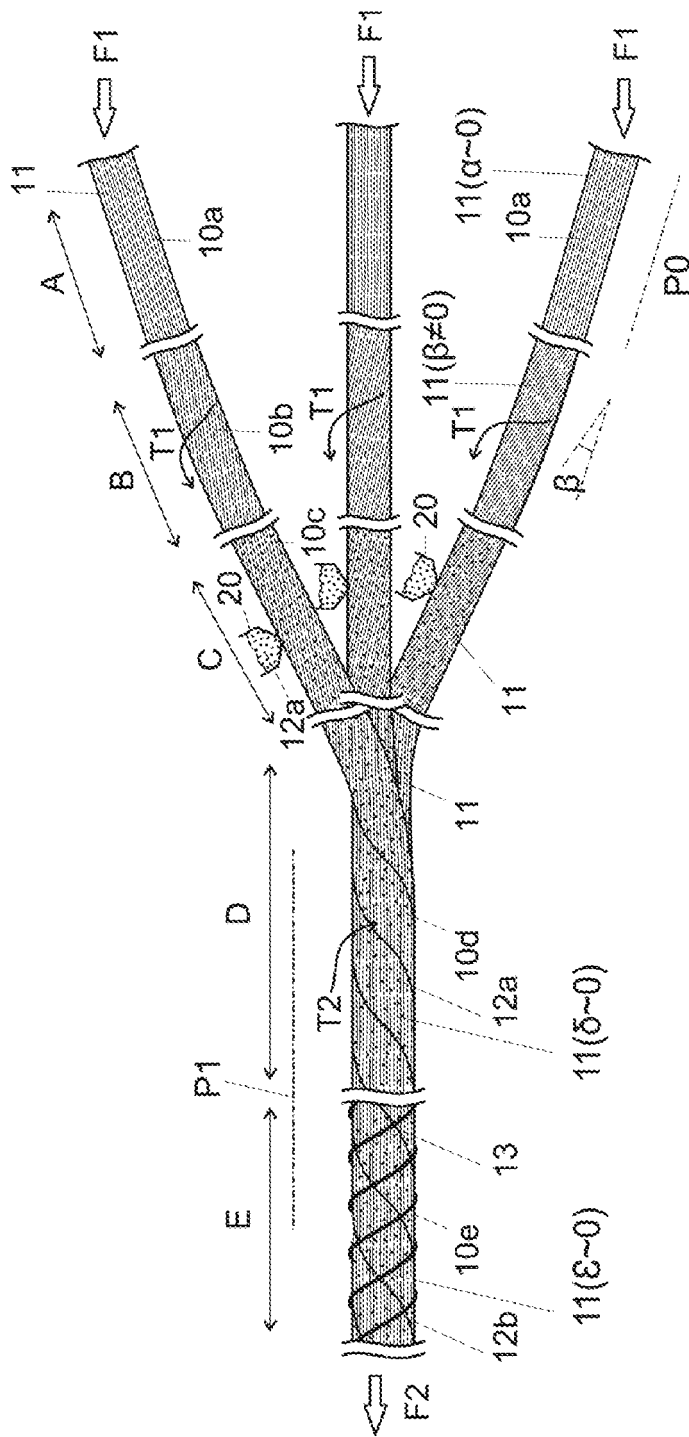


Fig. 3

[Fig. 4]

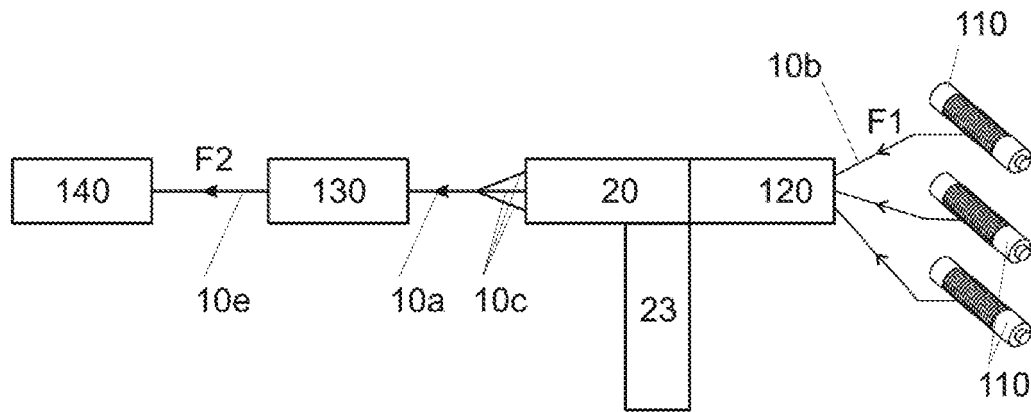


Fig. 4

[Fig. 5]

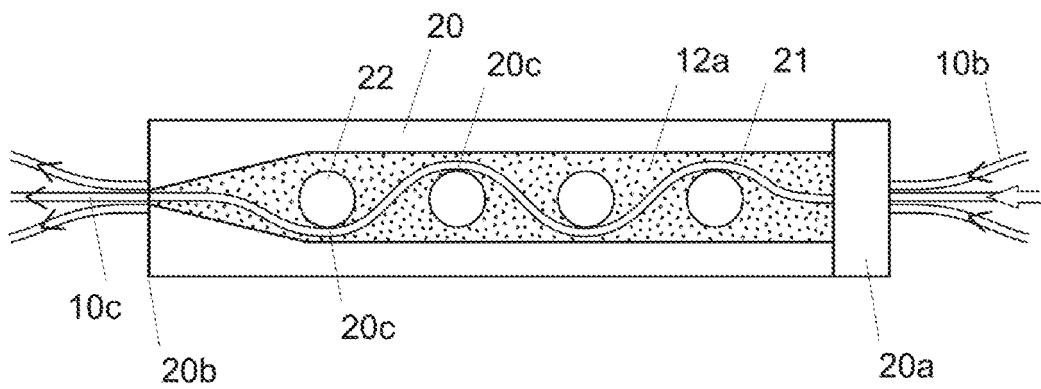


Fig. 5

[Fig. 6]

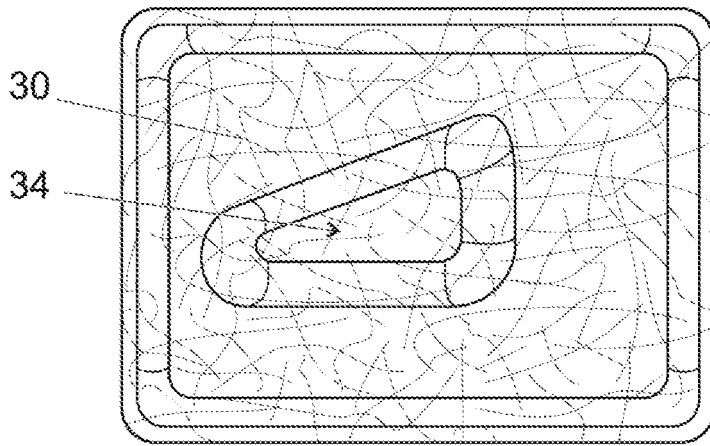


Fig. 6A

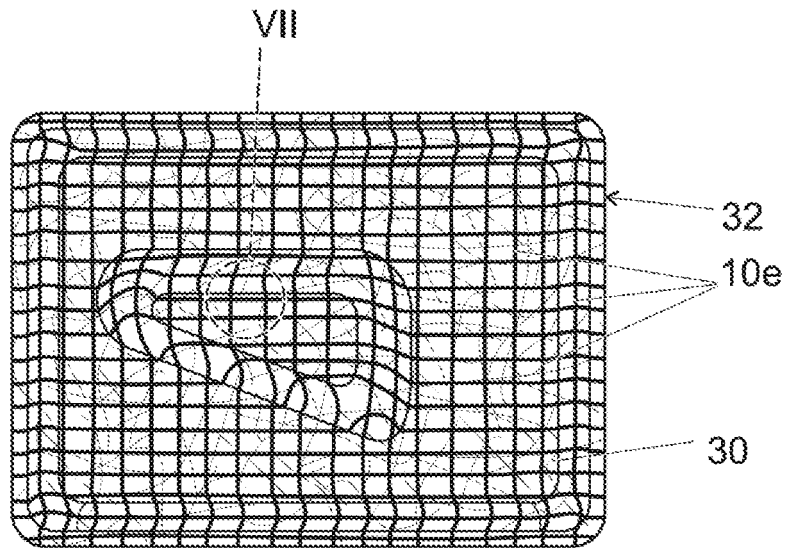


Fig. 6B

[Fig. 7]

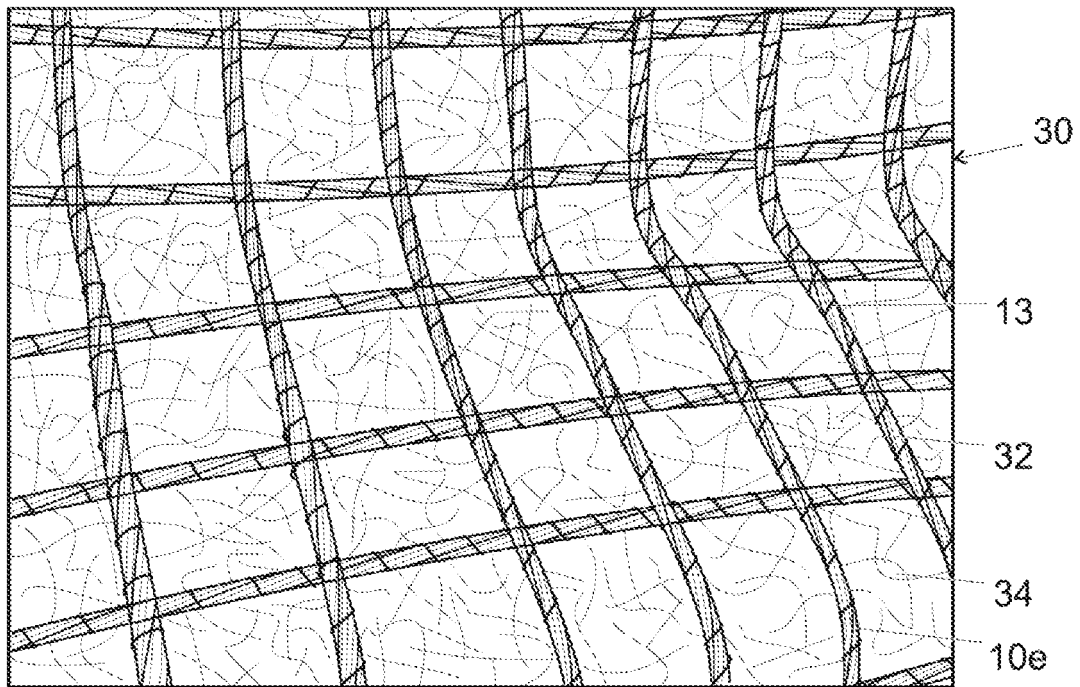


Fig. 7

[Fig. 8]

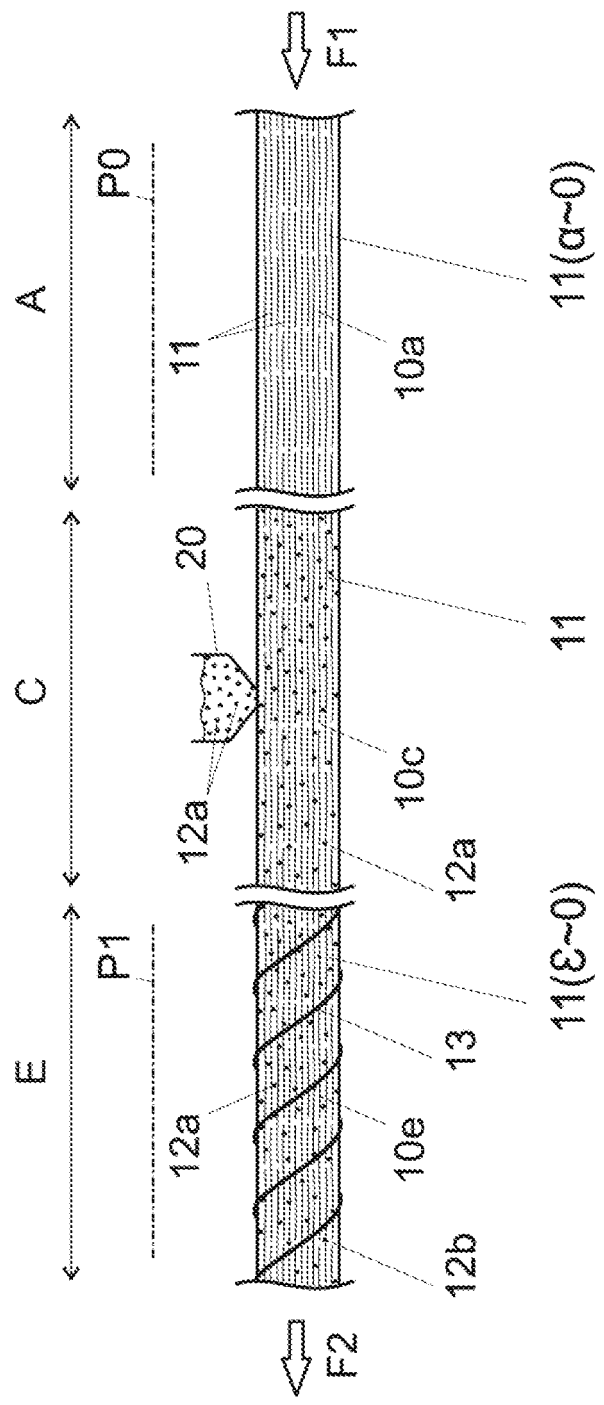


Fig. 8

# RAPPORT DE RECHERCHE

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

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

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

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

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

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

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

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

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

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

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

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

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

FR 3 020 819 A1 (ARKEMA FRANCE [FR];  
DEHONDT TECHNOLOGIES [FR])  
13 novembre 2015 (2015-11-13)

FR 2 972 674 A1 (INNOBAT [FR])  
21 septembre 2012 (2012-09-21)

US 2 454 830 A (DAN RIVER MILLS,  
INCORPORATED)  
30 novembre 1948 (1948-11-30)

US 1 959 723 A (MAX LEJEUNE LEON SYLVAIN  
ET AL) 22 mai 1934 (1934-05-22)

GB 514 772 A (JOHN BRANDWOOD)  
17 novembre 1939 (1939-11-17)

US 4 016 714 A (CRANDALL JULIAN TITSWORTH  
ET AL) 12 avril 1977 (1977-04-12)

JP 2013 039809 A (UNIV YAMAGUCHI)  
28 février 2013 (2013-02-28)

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

NEANT

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

NEANT