

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/180371 A2

(43) Date de la publication internationale
26 septembre 2019 (26.09.2019)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
B29B 15/10 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2019/050621
- (22) Date de dépôt international :
19 mars 2019 (19.03.2019)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1852552 23 mars 2018 (23.03.2018) FR
- (71) Déposant : **ARKEMA FRANCE** [FR/FR] ; 420 rue d'Estienne d'Orves, 92700 COLOMBES (FR).
- (72) Inventeurs : **SAVART, Thibaut** ; LACQ GRL (ARKE-
MA) - CENTRE DE R&D, BP 34, RD 817, 64170 LACQ
(FR). **HOCHSTETTER, Gilles** ; ARKEMA FRANCE,
420 rue d'Estienne d'Orves, 92705 COLOMBES CEDEX
(FR). **FLORENCIE, Anthony** ; 17 rue Porte Basse, 33000
BORDEAUX (FR). **GAILLARD, Patrice** ; LACQ GRL
(ARKEMA) - CENTRE DE R&D, BP 34, RD 817, 64170
LACQ (FR). **SALINIER, Axel** ; LACQ GRL (ARKEMA)
- CENTRE DE R&D, BP 34, RD 817, 64170 LACQ (FR).
BABEAU, Arthur, Pierre ; LACQ GRL (ARKEMA) -
CENTRE DE R&D, BP 34, RD 817, 64170 LACQ (FR).
- (74) Mandataire : **JEANPETIT, Christian** ; 420 rue
d'Estienne d'Orves, 92705 COLOMBES CEDEX (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2(g))

(54) Title: WEB OF IMPREGNATED FIBROUS MATERIAL, PRODUCTION METHOD THEREOF AND USE OF SAME FOR THE PRODUCTION OF THREE-DIMENSIONAL COMPOSITE PARTS

(54) Titre : NAPPE DE MATERIAU FIBREUX IMPREGNE, SON PROCEDE DE FABRICATION ET SON UTILISATION POUR LA FABRICATION DE PIECES COMPOSITES EN TROIS DIMENSIONS

(57) Abstract: The present invention relates to a web of impregnated fibrous material(s) comprising N individual tapes of fibrous material(s) stacked and/or joined in relation to one another, in which said N tapes adhere to each other and can overlap at least partially. According to the invention, the tapes of fibrous material(s) comprise continuous fibres impregnated with at least one thermoplastic polymer, and optionally a chain extender. The web is characterised in that it has a surface, in cross-section perpendicular to the axis of the fibres, S, that is substantially equal to the sum of the surface, in cross-section perpendicular to the axis of the fibres, of each initial individual tape, denoted S_{th}. S_{th} being equal to N x l x Ep, wherein l represents the average width of a tape and Ep represents the average thickness of a tape, N being between 2 and 2000, and the average thickness of each individual tape being less than or equal to 150µm, preferably less than or equal to 100µm, in particular between 10 and 100µm.

(57) Abrégé : La présente invention concerne une nappe de matériau(x) fibreux imprégné(s) comprenant N rubans unitaires de matériau(x) fibreux superposés et/ou accolés, lesdits N rubans adhérant entre eux et étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, lesdits rubans de matériau(x) fibreux comprenant des fibres continues imprégnées d'au moins un polymère thermoplastique, et optionnellement un allongeur de chaîne, caractérisée en ce que ladite nappe présente une surface en coupe transverse perpendiculaire à l'axe des fibres, S, substantiellement égale à la somme de la surface, en coupe transverse perpendiculaire à l'axe des fibres, de chaque ruban unitaire initial, dénommée S_{th}, S_{th} étant égal à N x l x Ep, où l représente la largeur moyenne d'un ruban, Ep l'épaisseur moyenne d'un ruban, N étant compris de 2 à 2000, l'épaisseur moyenne de chaque ruban unitaire étant inférieure ou égale à 150µm, préférentiellement inférieure ou égale à 100µm, en particulier comprise de 10 à 100µm.



WO 2019/180371 A2

NAPPE DE MATERIAU FIBREUX IMPREGNE, SON PROCEDE DE FABRICATION ET
SON UTILISATION POUR LA FABRICATION DE PIECES COMPOSITES EN TROIS
DIMENSIONS

5 La présente invention concerne une nappe de matériau fibreux imprégné comprenant N rubans unitaires de matériau(x) fibreux sous forme de fibres continues, superposés et/ou accolés, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, et au moins un polymère thermoplastique.

10 L'invention concerne également un procédé de fabrication du matériau fibreux imprégné sous forme de nappe avec un coût de fabrication réduit et une vitesse de fabrication élevée.

L'invention concerne aussi l'utilisation du matériau fibreux imprégné sous forme de nappe pour la fabrication de pièces composites en trois dimensions.

15 La fabrication de matériaux fibreux imprégnés par un polymère thermoplastique ou un mélange de polymères thermoplastiques désigné également par résine thermoplastique, peut s'effectuer par passage des fibres, en continu, dans un bain fondu de polymère thermoplastique contenant un solvant organique tel que la benzophénone, ou dans une dispersion aqueuse tel que décrit dans la demande EP0324680, par passage des fibres en continu dans un lit fluidisé, ou par pulvérisation des fibres en continu, notamment
20 électrostatique, ou encore en voie fondue, notamment par pultrusion tel que décrit dans la demande US 2014/0005331A1. Cela permet une mise en forme de ces matériaux fibreux imprégnés sous forme de feillard ou de rubans (tapes) calibrés utilisables pour fabriquer des matériaux composites. Les matériaux fibreux imprégnés sont utilisés dans la fabrication de pièces de structure en vue de les alléger tout en maintenant une résistance mécanique
25 comparable à celle obtenue pour des pièces de structure métalliques et/ou en assurant l'évacuation de charges électrostatiques et/ou en assurant une protection thermique et/ou chimique.

30 De tels matériaux fibreux imprégnés sont notamment destinés à la réalisation de matériaux composites légers pour la fabrication de pièces mécaniques ayant une structure à trois dimensions et possédant des propriétés de bonne résistance mécanique, thermique et capables d'évacuer des charges électrostatiques, c'est-à-dire des propriétés compatibles avec la fabrication de pièces notamment dans les domaines de la mécanique, de l'aéronautique et nautique, de l'automobile, de l'énergie, de la construction (bâtiments), de la santé et du médical, des sports et loisirs, du mobilier et du mobilier urbain et de l'électronique. Ainsi, les
35 matériaux composites sont utilisés pour la réalisation de pièces en trois dimensions (3D), la réalisation de ces matériaux composites pouvant se faire par un procédé connu de dépose de

bandes assistée par un robot (procédé AFP de l'acronyme anglais « Automatic Fiber Placement » par exemple).

Dans la présente description, on entend par « matériau fibreux » un assemblage de fibres unitaires de renfort. Après imprégnation par la résine, il se présente sous forme de ruban unitaire.

On entend par ruban unitaire un feillard qui est un semi produit de faible épaisseur, non calibré en largeur et en épaisseur, et composé d'une seule mèche de fibres, ou une tape mince composée d'une ou plusieurs mèches de fibres, calibrée en épaisseur et en largeur.

Dans tous les cas, le ruban a une épaisseur inférieure ou égale à 150 μm , de préférence inférieure ou égale à 100 μm .

Les dits rubans sont ensuite superposés et/ou accolés sous forme de nappes qui est calibrée en épaisseur mais pas obligatoirement en largeur.

Lorsqu'elle est calibrée en épaisseur et en largeur, elle est alors appelée nappe calibrée.

Lors que la géométrie des pièces composites en trois dimensions n'est pas trop complexe, on a intérêt à fabriquer les pièces composites à partir de nappe, afin de pouvoir augmenter la productivité de la dépose (de la mise en forme) par robot des semi-produits.

Les fibres pouvant entrer dans la composition des matériaux fibreux peuvent avoir des grammages linéiques ou titre ou titrage ou « tex » différents et/ou être en nombre différent dans les mèches. Aussi, les mèches les plus classiquement utilisées sont composées de 600 à 4800 tex pour les fibres de verre et de 3000 (3K), 6000(6K), 12000(12K), 24000 (24K), 48000 (48K), 50 000(50K) ou 400 000(400K) fibres pour les fibres de carbone. Les fibres de carbone présentent généralement un diamètre proche de 7-8 μm et les fibres de verre un diamètre d'environ 13, 15, 17 ou 20 μm par exemple.

Le grammage linéique des fibres étant défini au préalable, et par conséquent la largeur moyenne des rubans obtenus étant également définie, il n'est pas possible d'obtenir directement une nappe présentant n'importe quelle épaisseur moyenne car cela nécessiterait des mèches présentant un nombre de fibres qui n'existe pas sur le marché.

Il est donc nécessaire de superposer et/ou accoler de rubans unitaires d'épaisseur définie et dont le nombre de mèches est un multiple de 3K ou 6K ou de 12K ou de 24K ou de 48K, de 50K ou de 400K, pour obtenir des nappes avec des tailles variées, qui n'existent pas actuellement sur le marché.

La présente invention concerne donc une nappe de matériau(x) fibreux imprégné(s) comprenant N rubans unitaires de matériau(x) fibreux superposés et/ou accolés, lesdits N rubans unitaires adhérant entre eux et étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, lesdits rubans unitaires de matériau(x) fibreux comprenant des fibres continues

imprégnées d'au moins un polymère thermoplastique, et optionnellement un allongeur de chaîne, caractérisée en ce que ladite nappe présente une surface en coupe transverse perpendiculaire à l'axe des fibres, S , substantiellement égale à la somme de la surface, en coupe transverse perpendiculaire à l'axe des fibres, de chaque ruban unitaire initial, dénommée S_{th} , S_{th} étant égal à $N \times l \times E_p$, où l représente la largeur moyenne d'un ruban, E_p l'épaisseur moyenne d'un ruban, N étant compris de 2 à 2000, l'épaisseur moyenne de chaque ruban unitaire étant inférieure ou égale à $150\mu m$, préférentiellement inférieure ou égale à $100\mu m$, en particulier comprise de 10 à $100\mu m$.

Dans un mode de réalisation, les polyarylsulfures, en particulier les polyphénylène sulfures (PPS) sont exclus de la définition du polymère thermoplastique. L'expression « superposés et/ou accolés » signifie que lesdits rubans sont liés physiquement entre eux.

L'expression « adhérant entre eux » signifie que les rubans sont liés ou soudés ou fusionnés ou collés entre eux notamment au moyen d'un système de chauffage.

L'adhésion est effectuée sans liant extérieur ou composé extérieur de type colle mais uniquement par fusion du polymère présent dans chaque ruban.

Les rubans ne peuvent donc pas être juste placés les uns au-dessus des autres ou à côté l'un de l'autre sans adhésion l'un avec l'autre.

L'expression « lesdits N rubans unitaires étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement » signifie que lesdits rubans unitaires etc...peuvent ne pas être parfaitement accolés bord à bord et un ruban peut donc chevaucher le ruban voisin. Cela peut également signifier que par exemple deux rubans sont accolés l'un à l'autre et qu'un troisième ruban n'est pas superposé à 100% sur l'un des deux dits rubans et chevauche les deux dits rubans. Dans le cas où la nappe est composée d'au moins 2 couches de rubans, l'expression « lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement » peut également signifier qu'un ruban unitaire d'une couche chevauche un ruban unitaire d'une couche inférieure ;

En d'autres termes, jusqu'à 50% de la surface d'un ruban peut chevaucher au moins un autre ruban.

En particulier, jusqu'à 40%, préférentiellement jusqu'à 30%, plus préférentiellement jusqu'à 20%, encore plus préférentiellement jusqu'à 10%, en particulier jusqu'à 5% de la surface d'un ruban peut chevaucher au moins un autre ruban.

L'expression « substantiellement égale à la somme de la surface, en coupe transverse perpendiculaire à l'axe des fibres, de chaque ruban unitaire initial » signifie que la surface en coupe transverse perpendiculaire à l'axe des fibres, S , de ladite nappe est égale à la surface théorique $S_{th} \pm 25\%$, en particulier $S_{th} \pm 10\%$, notamment $S_{th} \pm 5\%$ et en particulier de $S_{th} \pm 2\%$, de façon préférée $S_{th} - 5\%$, encore plus préférée $S_{th} - 10\%$ et $S_{th} - 25\%$.

Cette différence provient de la présence de porosité à l'interface des rubans après assemblage pour former ladite nappe ou au contraire de la réduction de la porosité résiduelle de chaque ruban lors de l'opération d'assemblage.

5 S_{th} correspond donc à la surface théorique en coupe transverse perpendiculaire à l'axe des fibres de la nappe.

Dans toute la description, la largeur de la nappe correspond à une largeur moyenne et l'épaisseur de la nappe correspond à une épaisseur moyenne, c'est-à-dire, une largeur et une épaisseur moyenne sur toute la longueur de la nappe. Cela signifie que la largeur et l'épaisseur peuvent varier le long de la nappe.

10 Avantageusement, en l'absence de réchauffage, la nappe de matériau fibreux imprégné est non flexible.

Cela signifie que la nappe n'est pas capable d'épouser une forme complexe à température ambiante et qu'elle ne peut le faire qu'au-delà de la t_g de la résine et de préférence au-delà de la t_f , lorsque la résine est semi-cristalline de la T_f de la résine. En
15 d'autres termes, la nappe ne présente pas de drapabilité.

Dans un mode de réalisation, ledit ruban unitaire est mince et est constitué d'un feillard, l'épaisseur moyenne étant inférieure ou égale à $100\mu m$, en particulier comprise de 10 à $100\mu m$.

20 Le moyen de vérifier que l'épaisseur moyenne est inférieure ou égale à $100\mu m$ est de faire des mesures sur des échantillons statistiquement représentatifs du feillard par des moyens de mesure non destructifs.

Dans toute la description, la largeur du feillard correspond à une largeur moyenne et l'épaisseur du feillard correspond à une épaisseur moyenne, c'est-à-dire, une largeur et une épaisseur moyenne sur toute la longueur du feillard. Cela signifie que la largeur et l'épaisseur
25 peuvent varier le long du feillard mais qu'en moyenne l'épaisseur est inférieure ou égale à $100\mu m$. Le moyen de vérifier que l'épaisseur moyenne est inférieure à $100\mu m$ sur toute la longueur du feillard est de faire des mesures sur des échantillons statistiquement représentatifs du feillard par des moyens de mesure non destructifs.

L'expression « feillard de largeur non calibrée » signifie que la largeur du feillard
30 n'est pas constante, la largeur pouvant être égale à $l \pm 20\%$, notamment $l \pm 15\%$, en particulier $l \pm 10\%$ où l représente la largeur moyenne.

L'expression « feillard d'épaisseur non calibrée » signifie que l'épaisseur du feillard n'est pas constante sur toute sa longueur, l'épaisseur pouvant être égale à $e \pm 20\%$, notamment $e \pm 15\%$, en particulier $e \pm 10\%$ où e représente l'épaisseur moyenne.

Avantageusement, les expressions « largeur non calibrée » et « épaisseur non calibrée » signifient respectivement que la largeur est égale à $l \pm 20\%$ de la largeur moyenne et l'épaisseur est égale à $e \pm 20\%$ de l'épaisseur moyenne.

5 Avantageusement, les expressions « largeur non calibrée » et « épaisseur non calibrée » signifient respectivement que la largeur est égale à $l \pm 20\%$ de la largeur moyenne et l'épaisseur est égale à $e \pm 15\%$ de l'épaisseur moyenne.

Avantageusement, les expressions « largeur non calibrée » et « épaisseur non calibrée » signifient respectivement que la largeur est égale à $l \pm 20\%$ de la largeur moyenne et l'épaisseur est égale à $e \pm 10\%$ de l'épaisseur moyenne.

10 Avantageusement, les expressions « largeur non calibrée » et « épaisseur non calibrée » signifient respectivement que la largeur est égale à $l \pm 15\%$ de la largeur moyenne et l'épaisseur est égale à $e \pm 20\%$ de l'épaisseur moyenne.

15 Avantageusement, les expressions « largeur non calibrée » et « épaisseur non calibrée » signifient respectivement que la largeur est égale à $l \pm 10\%$ de la largeur moyenne et l'épaisseur est égale à $e \pm 20\%$ de l'épaisseur moyenne.

Avantageusement, les expressions « largeur non calibrée » et « épaisseur non calibrée » signifient respectivement que la largeur est égale à $l \pm 15\%$ de la largeur moyenne et l'épaisseur est égale à $e \pm 15\%$ de l'épaisseur moyenne.

20 Avantageusement, les expressions « largeur non calibrée » et « épaisseur non calibrée » signifient respectivement que la largeur est égale à $l \pm 10\%$ de la largeur moyenne et l'épaisseur est égale à $e \pm 15\%$ de l'épaisseur moyenne.

Avantageusement, les expressions « largeur non calibrée » et « épaisseur non calibrée » signifient respectivement que la largeur est égale à $l \pm 15\%$ de la largeur moyenne et l'épaisseur est égale à $e \pm 10\%$ de l'épaisseur moyenne.

25 Avantageusement, les expressions « largeur non calibrée » et « épaisseur non calibrée » signifient respectivement que la largeur est égale à $l \pm 10\%$ de la largeur moyenne et l'épaisseur est égale à $e \pm 10\%$ de l'épaisseur moyenne.

30 Dans un autre mode de réalisation, ledit ruban unitaire est constitué d'une « tape mince », avec une épaisseur moyenne inférieure ou égale à $100\mu\text{m}$, en particulier comprise de 10 à $100\mu\text{m}$.

Le moyen de vérifier que l'épaisseur moyenne est inférieure ou égale à $100\mu\text{m}$ est de faire des mesures sur des échantillons statistiquement représentatifs de la tape mince par des moyens de mesure non destructifs.

35 Dans toute la description, l'épaisseur de la tape mince correspond à une épaisseur moyenne, c'est-à-dire, une épaisseur moyenne sur toute la longueur de la tape mince.

Cela signifie que l'épaisseur peut varier le long de la tape mince mais qu'en moyenne l'épaisseur est inférieure ou égale à $100\mu\text{m}$. Le moyen de vérifier que l'épaisseur moyenne est inférieure à $100\mu\text{m}$ sur toute la longueur de la tape mince est de faire des mesures sur des échantillons statistiquement représentatifs de la tape mince par des moyens de mesure non destructifs.

La largeur de la tape mince est calibrée et donc constante sur toute la longueur de la tape mince.

Dans le cas de la nappe, l'épaisseur correspond à l'épaisseur moyenne c'est-à-dire, une épaisseur moyenne sur toute la longueur de la nappe. Cela signifie que l'épaisseur peut varier le long de la nappe.

Dans le cas de nappes la largeur correspond à la largeur moyenne sur toute la longueur de la nappe.

Dans le cas des nappes calibrées, la largeur de la nappe est constante sur toute la longueur de la nappe.

L'expression « largeur calibrée » signifie que la largeur de la tape mince ou de la nappe calibrée est constante sur toute sa longueur, la largeur pouvant être égale à $l \pm 5\%$, en particulier $l \pm 2\%$ où l représente la largeur moyenne.

L'expression « épaisseur calibrée » signifie que l'épaisseur de la tape mince ou de la nappe, calibrée ou non, est constante sur toute sa longueur, et l'épaisseur pouvant être égale à $e \pm 5\%$, en particulier l'épaisseur étant égale à $e \pm 2\%$ où e représente l'épaisseur moyenne.

Avantageusement, les expressions « largeur calibrée » et « épaisseur calibrée » signifient respectivement que la largeur est égale à $l \pm 5\%$ de la largeur moyenne et l'épaisseur est égale à $e \pm 5\%$ de l'épaisseur moyenne.

Avantageusement, les expressions « largeur calibrée » et « épaisseur calibrée » signifient respectivement que la largeur est égale à $l \pm 5\%$ de la largeur moyenne et l'épaisseur est égale à $e \pm 2\%$.

Avantageusement, les expressions « largeur calibrée » et « épaisseur calibrée » signifient respectivement que la largeur est égale à $l \pm 2\%$ de la largeur moyenne et l'épaisseur est égale à $e \pm 5\%$ de l'épaisseur moyenne.

Avantageusement, les expressions « largeur calibrée » et « épaisseur calibrée » signifient respectivement que la largeur est égale à $l \pm 2\%$ de la largeur moyenne et l'épaisseur est égale à $e \pm 2\%$ de l'épaisseur moyenne.

L'expression « substantiellement égale » signifie que la surface, S , en coupe transverse perpendiculaire à l'axe des fibres, de ladite nappe est égale à la somme de la

surface en coupe transverse de chaque ruban unitaire initial, $S_{th} \pm 25\%$, en particulier $S_{th} \pm 10\%$, notamment $S_{th} \pm 5\%$ et en particulier de $S_{th} \pm 2\%$, de façon préférée $S_{th} - 5\%$, encore plus préférée $S_{th} - 10\%$ et $S_{th} - 25\%$.

N est compris de 2 à 2000 signifie qu'au minimum :

- 5 - soit deux rubans unitaires sont accolés pour former une nappe présentant une épaisseur moyenne d'un ruban unitaire et une largeur moyenne substantiellement égale à la largeur moyenne de deux rubans unitaires,
- soit deux rubans unitaires sont superposés pour former une nappe présentant une épaisseur moyenne sensiblement égale à l'épaisseur de deux rubans unitaires et une largeur moyenne substantiellement égale à la largeur moyenne d'un ruban unitaire,
- 10 - soit les deux rubans unitaires sont superposés partiellement, pour former une nappe présentant une épaisseur moyenne variable substantiellement comprise entre l'épaisseur moyenne d'un ruban unitaire et l'épaisseur moyenne de deux rubans unitaires et une largeur moyenne substantiellement comprise entre la
- 15 largeur moyenne d'un ruban unitaire et la largeur moyenne de deux rubans unitaires accolés.

Au-delà de deux rubans, trois configurations existent :

- 20 - soit les rubans unitaires sont accolés pour former une bande présentant une épaisseur moyenne d'un ruban unitaire et une largeur moyenne substantiellement égale à la largeur moyenne des rubans unitaires,
- soit les rubans unitaires sont superposés pour former une bande présentant une épaisseur moyenne substantiellement égale à l'épaisseur moyenne des rubans unitaires et une largeur moyenne substantiellement égale à la largeur
- 25 moyenne d'un ruban unitaire,
- soit une partie des rubans unitaires sont accolés et une autre partie des rubans unitaires sont superposés, le nombre total de rubans de l'une et l'autre partie étant égal à N.

L'expression « substantiellement égale » a la même signification que ci-dessus.

- 30 Lorsque plus de deux rubans (N rubans) sont accolés et superposés, l'épaisseur moyenne de la nappe peut être constante sur toute la largeur de la nappe mais elle peut également être variable sur la largeur de ladite nappe en fonction de la calandre utilisée au final pour donner la forme et le nombre total de rubans superposés et accolés est égale à N compris entre 2 et 2000.

- 35 La nappe peut présenter une largeur moyenne supérieure ou inférieure ou égale à la somme des largeurs moyennes des N rubans unitaires accolés et une épaisseur moyenne

supérieure ou inférieure ou égale la somme des épaisseurs moyennes des N rubans unitaires superposés car aussi bien l'accolement que la superposition peut soit diminuer la porosité de chaque ruban s'il en présente ou bien créer de la porosité entre les rubans accolés ou superposés.

5 C'est la raison pour laquelle la surface réelle, S, en coupe transverse perpendiculaire à l'axe des fibres de ladite nappe est égale à la somme de la surface, en coupe transverse perpendiculaire à l'axe des fibres de chaque ruban unitaire initial, $S_{th} \pm 25\%$, en particulier $S_{th} \pm 10\%$, notamment $S_{th} \pm 5\%$ et en particulier de $S_{th} \pm 2\%$, de façon préférée $S_{th} - 5\%$, encore plus préférée $S_{th} - 10\%$ et $S_{th} - 25\%$,

10 Dans un mode de réalisation, le taux de porosité de chaque ruban unitaire imprégné est inférieur à 10%, notamment inférieur à 5%, en particulier inférieur à 2%.

Dans un autre mode de réalisation, le taux de porosité de ladite nappe de matériau fibreux imprégné est inférieur à 10%, notamment inférieur à 5%, en particulier inférieur à 2%.

15 Dans encore un autre mode de réalisation, le taux de porosité de chaque ruban unitaire imprégné est inférieur à 10%, notamment inférieur à 5%, en particulier inférieur à 2% et le taux de porosité de ladite nappe de matériau fibreux imprégné est inférieur à 10%, notamment inférieur à 5%, en particulier inférieur à 2%.

Avantageusement, le taux de porosité dudit ruban initial présente une porosité comprise de 5 à 10% et le taux de porosité de la dite nappe est inférieur à 5%.

20 Avantageusement, le taux de porosité dudit ruban initial présente une porosité comprise de 2 à 5% et le taux de porosité de la dite nappe est inférieur à 2%.

Dans ces deux derniers modes de réalisation, l'aspect de ladite nappe est donc amélioré par rapport à l'aspect initial des rubans unitaires.

Ladite nappe de matériau fibreux comprend NI rubans dans sa largeur et Nep ruban

25 dans son épaisseur, $N = \sum_{i=1}^{NI} \sum_{j=1}^{Nep} N_{ij}$, chaque ruban unitaire comprenant un nombre de fibres, notamment de carbone, choisi parmi un multiple de 3000 ou 50000 fibres.

30 Avantageusement, chaque ruban unitaire comprend un nombre de fibres de carbone choisi parmi m x 12K fibres, n x 24K fibres, p x 48K, q x 50K fibres et w x 400K, m étant compris de 1 à 40, en particulier 1 à 4, n étant compris de 1 à 20, q étant compris de 1 à 10, p étant compris de 1 à 10, en particulier 1 et w est égal à 1.

L'épaisseur de la nappe peut être constante sur toute la largeur de la nappe, c'est à dire que dans le cas d'un assemblage de rubans ayant tous la même épaisseur, le nombre de rubans Nep dans l'épaisseur est le même en tout point de la nappe.

A l'inverse, l'épaisseur de la nappe peut être variable en particulier selon la largeur de ladite nappe, c'est-à-dire que dans le cas de rubans ayant tous la même épaisseur, le nombre de rubans Nep dans l'épaisseur est différent selon la position considérée dans la largeur de la dite nappe.

5 En tout état de cause, le nombre total de rubans N est compris de 2 à 2000.

Lesdits N rubans de ladite nappe de matériau fibreux imprégné telle que définie ci-dessus, sont constitués de matériaux fibreux identiques ou différents, en particulier identiques.

Il peut donc y avoir par exemple au moins un des rubans constitué de matériau fibreux en fibre de carbone et au moins un des rubans constitué de matériau fibreux en fibre de verre.

10 On ne sortirait pas du cadre de l'invention si au moins l'un des rubans était constitué d'un mélange de matériaux fibreux, par exemple de fibre de verre et de fibre de carbone.

Avantageusement, lesdits N rubans de ladite nappe de matériau fibreux imprégné telle que définie ci-dessus, sont constitués de matériaux fibreux identiques.

15 On ne sortirait pas non plus du cadre de l'invention si les titrages des fibres de même nature ou de nature différente étaient identiques ou différents, au sein de l'assemblage de N rubans, aussi bien dans l'épaisseur (superposition de Nep rubans) que dans la largeur (juxtaposition ou accollement de Ni rubans).

On peut donc avoir par exemple un ruban à base de fibres de carbone de 50K accolé et/ou superposé à un ruban à base de fibres de carbone de 24K.

20 Mais on peut également avoir un ruban à base de fibres de carbone de 50K accolé et/ou superposé à un ruban à base de fibres verre de grammage égal à 2400 Tex.

Dans un mode de réalisation, les N rubans possèdent une épaisseur moyenne et une largeur moyenne unitaires identique, l'épaisseur moyenne de la nappe \bar{e} est égale à $\overline{Nep} \times e_r$, \overline{Nep} étant le nombre moyen de rubans dans l'épaisseur, e_r étant l'épaisseur moyenne d'un ruban unitaire, et la largeur moyenne de la nappe \bar{l} étant égale à $\overline{Nl} \times l_r$, \overline{Nl} étant le nombre moyen de rubans dans la largeur et l_r étant la largeur moyenne d'un ruban unitaire.

25 Dans ce mode de réalisation, la surface de la nappe, S, en coupe transverse perpendiculaire à l'axe des fibres est égale à la surface théorique de la nappe, Sth, en coupe transverse perpendiculaire à l'axe des fibres : il y a donc conservation du taux de porosité entre la moyenne calculée sur les N rubans avant assemblage et sur la nappe finale résultant de l'assemblage ; les porosités pouvant par exemple avoir évolué de position passant par exemple de porosités « internes » à chaque ruban (i.e à cœur de chaque ruban) à des porosités « externes » résultant de la création de porosité lors de l'assemblage, le tout à isoporosité globale ou autre cas de figure possible, la porosité « interne » à chaque ruban n'a

pas évoluée pendant l'assemblage des rubans et la porosité « externe » après assemblage est négligeable.

Dans un autre mode de réalisation, l'épaisseur moyenne et la largeur moyenne des N rubans unitaires est identique, l'épaisseur moyenne de la nappe \bar{e} est inférieure à $\overline{N_{ep}} \times e_r$, $\overline{N_{ep}}$ étant le nombre moyen de rubans dans l'épaisseur, e_r étant l'épaisseur moyenne d'un ruban unitaire et la largeur moyenne de la nappe \bar{l} étant inférieure à $\overline{N_l} \times l_r$, $\overline{N_l}$ étant le nombre moyen de rubans dans la largeur et l_r étant la largeur moyenne d'un ruban unitaire.

Dans ce mode de réalisation, il y a diminution de la porosité des rubans unitaires après assemblage et la nappe peut avoir une épaisseur moyenne constante sur toute sa largeur ou présenter une épaisseur différente selon la position considérée dans la largeur de la nappe.

Dans encore un autre mode de réalisation, l'épaisseur moyenne et la largeur moyenne des N rubans unitaires est identique, l'épaisseur moyenne de la nappe \bar{e} est supérieure à $\overline{N_{ep}} \times e_r$, $\overline{N_{ep}}$ étant le nombre moyen de rubans dans l'épaisseur, e_r étant l'épaisseur moyenne d'un ruban unitaire et la largeur moyenne de la nappe \bar{l} étant supérieure à $\overline{N_l} \times l_r$, $\overline{N_l}$ étant le nombre moyen de rubans dans la largeur et l_r étant la largeur moyenne d'un ruban unitaire.

Dans ce mode de réalisation, il y a création de porosité entre les rubans après assemblage et la nappe peut avoir une épaisseur moyenne constante sur toute sa largeur ou présenter une épaisseur différente selon la position considérée dans la largeur de la nappe.

Dans ce mode de réalisation, il peut également y avoir maintien de taux de porosité global mais déplacement de ces porosités lors de l'assemblage de tapes, de l'intérieur des rubans à l'extérieur vers les interfaces entre rubans.

En d'autres termes, si on a N rubans avec de la porosité P/N en leur sein, la porosité globale est alors égale à P.

Si on assemble ces rubans en les superposant en largeur et en épaisseur, la porosité au sein de chaque ruban peut être réduite et étant alors $P'/N = P/N - \epsilon/N$, avec ϵ/N la diminution de porosité au sein de chaque ruban étant une conséquence du procédé d'assemblage des rubans. Mais en parallèle, une porosité entre les rubans assemblés peut apparaître, ce qui est également une conséquence du procédé d'assemblage des rubans, cette porosité étant alors P''/N .

Si la diminution totale de porosité au sein des tapes ϵ est égale à P'' créée entre les mèches, le taux de porosité global est alors maintenu.

Selon une première forme de la nappe de matériau fibreux, les N rubans de la nappe de matériau fibreux imprégné, ci-dessus définie, sont superposés, le nombre de rubans dans la largeur N_l étant égal à 1 et le nombre de rubans dans l'épaisseur N_{ep} étant compris de 2 à 2000.

Dans ce mode de réalisation, il n'y a donc qu'une seule largeur de ruban et de 2 à 2000 rubans en épaisseur.

Selon une seconde forme de la nappe de matériau fibreux, les N rubans de la nappe de matériau fibreux imprégné, ci-dessus définie, sont accolés, le nombre de rubans dans l'épaisseur N_{ep} étant égal à 1 et le nombre de rubans dans la largeur N_l étant compris de 2 à 2000.

Dans ce mode de réalisation, il n'y a donc qu'une seule épaisseur de ruban et de 2 à 2000 rubans en largeur.

Selon une troisième forme de la nappe de matériau fibreux, les N rubans de la nappe de matériau fibreux imprégné, ci-dessus définie, sont superposés et accolés.

Dans ce cas, tous les cas de figure sont possibles avec une épaisseur de la nappe constante sur toute sa largeur ou une épaisseur différente selon le point considéré dans sa largeur.

Dans encore un autre mode de réalisation, l'épaisseur et/ou la largeur moyenne des N rubans unitaires est différente, l'épaisseur moyenne de la nappe étant égale à $\overline{N_{ep}}$ x l'épaisseur moyenne de chaque ruban unitaire et la largeur moyenne de la nappe étant égale à $\overline{N_l}$ x la largeur moyenne de chaque ruban unitaire.

Dans une première alternative, l'épaisseur de ladite nappe de matériau fibreux imprégné définie ci-dessus, constituée par lesdits N rubans superposés et/ou accolés, est variable sur sa largeur.

Dans cette alternative, soit il y a le même nombre de rubans superposés dans l'épaisseur, quelle que soit la position selon la largeur de la nappe, et les variations d'épaisseur de la nappe selon sa largeur viennent directement des variations d'épaisseur d'un ruban à l'autre, soit en plus, il n'y a pas le même nombre de rubans superposés dans l'épaisseur de la nappe, selon le point considéré dans sa largeur et la variation du nombre de rubans superposés ne compense pas les variations d'épaisseurs d'un ruban à l'autre. Cela permet de donner des formes géométriques particulières à la nappe, selon sa largeur.

Dans une seconde alternative, l'épaisseur de ladite nappe de matériau fibreux imprégné définie ci-dessus, constituée par lesdits N rubans superposés et/ou accolés, est constante sur toute sa largeur.

Dans cette dernière alternative, le même nombre de rubans superposés en épaisseur permet de compenser les variations d'épaisseur d'un ruban à l'autre.

Le taux de fibres en volume des différentes nappes ci-dessus définies, est constant dans au moins 70% du volume de chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins

partiellement, notamment dans au moins 80% du volume de chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, en particulier dans au moins 90% du volume de chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, plus particulièrement dans au moins 95% du volume de chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement.

Le taux de fibres est compris de 45 à 65 % en volume, de préférence de 50 à 60% en volume, notamment de 54 à 60% pour chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, de ladite nappe de matériau fibreux.

Avantageusement, le taux de fibres en volume des différentes nappes ci-dessus définies, est constant dans au moins 70% du volume de chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, notamment dans au moins 80% du volume de chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, en particulier dans au moins 90% du volume de chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, plus particulièrement dans au moins 95% du volume de chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement et taux de fibres est compris de 45 à 65 % en volume, de préférence de 50 à 60% en volume, notamment de 54 à 60% pour chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, de ladite nappe de matériau fibreux.

Avantageusement, lesdits N ruban(s) de matériau fibreux de la nappe de matériau fibreux ci-dessus définie, sont constitués du même ou des mêmes au moins un polymère thermoplastique.

Cela signifie que chaque ruban est constitué du même polymère mais que le polymère de chaque ruban peut être un mélange de polymère, par exemple PEKK et PEI.

Dans un autre mode de réalisation, ledit au moins un polymère thermoplastique desdits N ruban(s) assemblé et/ou l'accolé de matériau fibreux peut être différent à condition que les polymères constitutifs de rubans superposés et/ou accolés, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, soient compatibles ou partiellement miscibles.

Dans un mode de réalisation, ladite nappe de matériau fibreux définie ci-dessus est constituée de Nep rubans superposés et NI rubans accolés, le nombre de rubans dans l'épaisseur Nep étant compris de 1 à 4 et le nombre de rubans dans la largeur NI étant compris de 1 à 94.

5 Avantageusement, le nombre de rubans dans l'épaisseur Nep superposés est le même pour tous les NI rubans et l'épaisseur moyenne est constante sur toute la largeur de ladite nappe.

Dans un mode de réalisation, le nombre de rubans dans l'épaisseur Nep est choisi parmi 2 et 4 et le nombre de ruban dans la largeur NI = 1.

10 Ladite nappe est donc constituée d'une seule largeur et de deux ou quatre rubans d'épaisseur.

Dans un autre mode de réalisation, le nombre de rubans dans l'épaisseur Nep = 1 et le nombre de rubans dans la largeur NI est choisi parmi 24 et 32.

15 Ladite nappe est donc constituée d'une seule épaisseur sur toute la largeur des 24 ou 32 rubans.

Dans encore un autre mode de réalisation, le nombre de rubans dans l'épaisseur Nep = 2 et le nombre de ruban dans la largeur NI est choisi parmi 46, 62 et 92.

20 Avantageusement, ladite nappe de matériau fibreux telle que définie ci-dessus présente une dimension de surface en coupe transverse représentée par respectivement une largeur moyenne et une épaisseur moyenne choisie parmi: 300 mm x 2 mm ; 200 mm x 2 mm, 150 mm x 2 mm ; 100 mm x 2 mm ; 596,9 x 1mm ; 393,7mm x 1mm ; 292 mm x 1 mm ; 200 mm x 1 mm ; 150 mm x 1 mm ; 100 mm x 1 mm ; 15 mm X 0,25 mm, 15 mm x 0.225 mm, 14 mm x 0.265 mm, 14 mm x 0.240mm, 12,7 mm x 0,265 mm, 12,7 mm x 0,189 mm, 596,9 mm x 0,12 mm ; 393,7 mm x 0,12mm ; 292,1mm x 0,12mm.

25 Selon un autre aspect, la présente invention concerne l'utilisation d'une nappe de matériau fibreux telle que définie ci-dessus, pour la fabrication de pièces composites en trois dimensions, par dépose automatique desdites nappes au moyen d'un robot.

30 Toutes les caractéristiques définies pour la nappe sont valables pour ladite utilisation de la nappe.

35 Avantageusement, ladite fabrication desdites pièces composites concerne les domaines des transports, en particulier automobile, du pétrole et du gaz, en particulier l'offshore, du stockage de gaz, aéronautique, nautique, ferroviaire ; des énergies renouvelables, en particulier éolienne, hydrolienne, les dispositifs de stockage d'énergie, les panneaux solaires ; des panneaux de protection thermique ; des sports et loisirs, de la santé et du médical et de l'électronique.

Selon un autre aspect, la présente invention concerne une pièce composite en trois dimensions, caractérisée en ce qu'elle résulte de l'utilisation d'au moins une nappe de matériau fibreux imprégné telle que définie ci-dessus.

5 Toutes les caractéristiques définies pour la nappe sont valables pour ladite pièce composite.

Selon encore un autre aspect, la présente invention concerne un procédé de préparation d'une nappe de matériau fibreux telle que définie ci-dessus, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de superposition et/ou d'accolement desdits rubans de matériau fibreux tels que définis ci-dessus, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins
10 partiellement.

Toutes les caractéristiques définies pour la nappe sont valables pour ledit procédé de préparation.

Avantageusement, l'étape de superposition et/ou d'accolement est effectuée par au moins l'un des systèmes suivants :

15 1) chauffage dudit ruban par au moins un système de chauffage puis passage dudit ruban sur au moins un embarrage muni d'un système de chauffage puis passage sur une calandre non chauffante,

2) passage dudit ruban sur au moins un embarrage muni d'un système de chauffage puis passage sur une calandre chauffante,

20 3) chauffage dudit ruban par au moins un système de chauffage puis passage sur une calandre chauffante,

4) chauffage dudit ruban par au moins un système de chauffage puis passage en filière chaude et passage sur une calandre chauffante.

Avantageusement, ledit au moins un système chauffage est choisi parmi une lampe
25 infrarouge, une lampe UV, un chauffage par convection, un chauffage micro-ondes, un chauffage laser, et un chauffage Hautes Fréquences (HF).

Dans un mode de réalisation, le procédé défini ci-dessus est caractérisé en ce qu'il comprend de plus une étape préalable de chauffage d'un matériau fibreux pré-imprégné de polymère thermoplastique et optionnellement un allongeur de chaîne, et de finalisation de
30 l'imprégnation pour obtenir un matériau fibreux imprégné constitué d'un ruban sous forme de feuillard présentant une épaisseur moyenne inférieure ou égale à 100µm, en particulier comprise de 10µm à 100µm, et optionnellement une étape de mise en forme et de calibration de la mèche ou desdites mèches parallèles dudit matériau fibreux imprégné pour obtenir un
35 matériau fibreux imprégné constitué d'un ruban sous forme de tape mince présentant une épaisseur moyenne inférieure ou égale à 100µm, en particulier comprise de 10µm à 100µm.

Dans un autre mode de réalisation, le procédé défini ci-dessus est caractérisé en ce qu'il comprend de plus une étape préalable de pré-imprégnation d'un matériau fibreux notamment par dépôt de poudre, par voie fondue, notamment par pultrusion, par extrusion en tête d'équerre de polymère thermoplastique fondu et optionnellement un allongeur de chaîne, par passage en continu des fibres dans une dispersion aqueuse de poudre de polymère thermoplastique et optionnellement un allongeur de chaîne, ou dispersion aqueuse de particules de polymère thermoplastique et optionnellement un allongeur de chaîne, ou émulsion ou suspension aqueuse de polymère thermoplastique, par lit fluidisé, équipé ou non d'au moins un embarrage (E'), par projection par buse ou pistolet par voie sèche dans une cuve, équipée ou non d'au moins un embarrage (E') pour obtenir un matériau fibreux pré-imprégné.

Dans encore un mode de réalisation, le procédé défini ci-dessus est caractérisé en ce qu'il comprend de plus une étape de conformation de la nappe au moyen d'au moins une calandre crantée éventuellement chauffante.

Avantageusement, le procédé défini ci-dessus est caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- i) Pré-imprégnation d'un matériau fibreux notamment par dépôt de poudre, par voie fondue, notamment par pultrusion, par extrusion en tête d'équerre de polymère fondu, par passage en continu des fibres dans une dispersion aqueuse de poudre polymère ou dispersion aqueuse de particules de polymère ou émulsion ou suspension aqueuse de polymère, par lit fluidisé, équipé ou non d'au moins un embarrage (E'), par projection par buse ou pistolet par voie sèche dans une cuve, équipée ou non d'au moins un embarrage (E') pour obtenir un matériau fibreux pré-imprégné,
- ii) étape de chauffage dudit matériau fibreux pré-imprégné et de finalisation de l'imprégnation pour obtenir un matériau fibreux imprégné constitué d'un ruban sous forme de feuillard présentant une épaisseur moyenne inférieure ou égale à 100µm, en particulier comprise de 10µm à 100µm,
- iii) optionnellement étape de mise en forme et de calibration de la mèche ou des dites mèches parallèles dudit matériau fibreux imprégné pour obtenir un matériau fibreux imprégné constitué d'un ruban sous forme de tape mince présentant une épaisseur moyenne inférieure ou égale à 100µm, en particulier comprise de 10µm à 100µm.
- iv) superposition et/ou accollement de N rubans de matériaux fibreux, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, par au moins l'un des systèmes suivants :

- 1) chauffage dudit ruban par au moins un système de chauffage puis passage dudit ruban sur au moins un embarrage muni d'un système de chauffage puis passage sur une calandre chauffante,
- 5 2) passage dudit ruban sur au moins un embarrage muni d'un système de chauffage puis passage sur une calandre chauffante,
- 3) chauffage dudit ruban par au moins un système de chauffage puis passage sur une calandre chauffante,
- 4) chauffage dudit ruban par au moins un système de chauffage puis passage en filière chaude et passage sur une calandre chauffante.
- 10 v) conformation de la nappe au moyen d'au moins une calandre crantée éventuellement chauffante.

Avantageusement, le procédé tel que défini ci-dessus est caractérisé en ce qu'il est
15 effectué à une vitesse d'au moins 10m/min, notamment d'au moins 20m/min, préférentiellement d'au moins 30m/min.

Les étapes d'imprégnation et de mise en forme et calibration étant indépendantes du procédé de préparation de la nappe, leur vitesse de réalisation est sans conséquence sur le procédé de la présente invention et ne sont donc pas limitantes pour la productivité.

20 Les étapes i), ii) et iii) sont décrites plus en détail ci-dessous dans la partie « Procédé de préparation des rubans, notamment sous forme de feuillard et de tape mince ».

L'étape iv) est décrite plus en détail dans la partie « Procédé de préparation des rubans sous forme de nappe »

Matrice polymère

25 On entend par thermoplastique, ou polymère thermoplastique, un matériau généralement solide à température ambiante, pouvant être semi-cristallin ou amorphe, et qui se ramollit lors d'une augmentation de température, en particulier après passage de sa température de transition vitreuse (T_g) et s'écoule à plus haute température lorsqu'il est amorphe, ou pouvant présenter une fusion franche au passage de sa température dite de fusion (T_f) lorsqu'il est
30 semi-cristallin, et qui redevient solide lors d'une diminution de température en dessous de sa température de cristallisation (pour un semi-cristallin) et en dessous de sa température de transition vitreuse (pour un amorphe).

La T_g et la T_f sont déterminées par analyse calorimétrique différentielle (DSC) selon la norme 11357-2 :2013 et 11357-3 :2013 respectivement.

35 Concernant le polymère de constitution de la matrice d'imprégnation du matériau fibreux, c'est avantageusement un polymère thermoplastique ou un mélange de polymères

thermoplastiques. Ce polymère ou mélange de polymères thermoplastiques peut être broyé sous forme de poudre, afin de pouvoir l'utiliser dans un dispositif tel qu'une cuve, notamment en lit fluidisé ou en dispersion aqueuse.

Le dispositif sous forme de cuve, notamment en lit fluidisé peut être ouvert ou fermé.

5 Dans un mode de réalisation, les polyarylsulfures, en particulier les polyphénylène sulfures (PPS) sont exclus de la définition du polymère de constitution de la matrice d'imprégnation du matériau fibreux.

De manière facultative, le polymère thermoplastique ou mélange de polymères thermoplastiques comprend en outre des charges carbonées, en particulier du noir de carbone
10 ou des nanocharges carbonées, de préférence choisies parmi des graphènes, des nanotubes de carbone, des nanofibrilles de carbone ou leurs mélanges. Ces charges permettent de conduire l'électricité et la chaleur, et permettent par conséquent de faciliter la fusion de la matrice polymère lorsqu'elle est chauffée.

Optionnellement, ledit polymère thermoplastique comprend au moins un additif, notamment
15 choisi parmi un catalyseur, un antioxydant, un stabilisant thermique, un stabilisant UV, un stabilisant à la lumière, un lubrifiant, une charge, un plastifiant, un agent ignifugeant, un agent nucléant, un allongeur de chaîne et un colorant, un agent conducteur électrique, un agent conducteur thermique ou un mélange de ceux-ci.

Avantageusement, ledit additif est choisi parmi un agent ignifugeant, un agent conducteur
20 électrique et un agent conducteur thermique.

Selon une autre variante, le polymère thermoplastique ou mélange de polymères thermoplastiques peut en outre comprendre des polymères à cristaux liquides ou du poly(butylène téréphtalate) cyclisé, ou des mélanges en contenant, comme la résine CBT100 commercialisée par la société CYCLICS CORPORATION. Ces composés permettent
25 notamment de fluidifier la matrice polymère à l'état fondu, pour une meilleure pénétration au cœur des fibres. Selon la nature du polymère, ou mélange de polymères thermoplastiques, utilisé pour réaliser la matrice de pré-imprégnation, notamment sa température de fusion, on choisira l'un ou l'autre de ces composés.

Les polymères thermoplastiques entrant dans la constitution de la matrice d'imprégnation du
30 matériau fibreux, peuvent être choisis parmi :

- les polymères et copolymères de la famille des polyamides (PA) aliphatiques, cycloaliphatiques ou des PA semi-aromatiques (encore dénommés polyphthalamides (PPA)),
- les polyurées, en particulier aromatiques,
- 35 - les polymères et copolymères de la famille des acryliques comme les polyacrylates, et plus particulièrement le polyméthacrylate de méthyle (PMMA) ou ses dérivés

- les polymères et copolymères de la famille des poly(aryléthercétone) (PAEK) comme le poly(étheréthercétone) (PEEK), ou les poly(aryléthercétonecétone) (PAEKK) comme le poly(éthercétonecétone) (PEKK) ou leurs dérivés,
 - les polyéther-imides (PEI) aromatiques,
 - 5 - les polyarylsulfures, en particulier les polyphénylène sulfures (PPS),
 - les polyarylsulfones, en particulier les polyphénylène sulfones (PPSU),
 - les polyoléfines, en particulier le polypropylène (PP);
 - l'acide polylactique (PLA),
 - l'alcool polyvinylique (PVA),
 - 10 - les polymères fluorés, en particulier le poly(fluorure de vinylidène) (PVDF), ou le polytétrafluoroéthylène (PTFE) ou le polychlorotrifluoroéthylène (PCTFE),
- et leurs mélanges.

Dans un mode de réalisation, les polymères thermoplastiques entrant dans la constitution de la matrice d'imprégnation du matériau fibreux, peuvent être choisis parmi :

- 15 - les polymères et copolymères de la famille des polyamides (PA) aliphatiques, cycloaliphatiques ou des PA semi-aromatiques (encore dénommés polyphthalamides (PPA)),
 - les polyurées, en particulier aromatiques,
 - les polymères et copolymères de la famille des acryliques comme les polyacrylates, et
 - 20 plus particulièrement le polyméthacrylate de méthyle (PMMA) ou ses dérivés
 - les polymères et copolymères de la famille des poly(aryléthercétone) (PAEK) comme le poly(étheréthercétone) (PEEK), ou les poly(aryléthercétonecétone) (PAEKK) comme le poly(éthercétonecétone) (PEKK) ou leurs dérivés,
 - les polyéther-imides (PEI) aromatiques,
 - 25 - les polyarylsulfones, en particulier les polyphénylène sulfones (PPSU),
 - les polyoléfines, en particulier le polypropylène (PP);
 - l'acide polylactique (PLA),
 - l'alcool polyvinylique (PVA),
 - les polymères fluorés, en particulier le poly(fluorure de vinylidène) (PVDF), ou le
 - 30 polytétrafluoroéthylène (PTFE) ou le polychlorotrifluoroéthylène (PCTFE),
- et leurs mélanges.

Avantageusement, lorsque ledit polymère est un mélange de deux polymères P1 et P2, la proportion en poids de polymère P1 et P2 est comprise de 1-99% à 99-1%.

- 35 Avantageusement, lorsque ledit polymère thermoplastique est un mélange, et que le procédé de pré-imprégnation utilise une poudre sèche, ce mélange se présente sous forme d'une

poudre obtenue soit par « dry blend » avant introduction dans la cuve de pré-imprégnation ou par « dry blend » réalisé directement dans la cuve ou encore, par broyage d'un compound réalisé au préalable en extrudeuse.

Avantageusement, ce mélange est composé d'une poudre obtenue par « dry blend », avant l'introduction dans la cuve ou directement dans la cuve, et ce mélange de deux polymères P1 et P2 est un mélange de PEKK et de PEI.

Avantageusement, le mélange PEKK/PEI est compris de 90-10% à 60-40% en poids, en particulier de 90-10% à 70-30% en poids.

Le polymère thermoplastique peut correspondre au polymère final non réactif qui imprégnera le matériau fibreux ou à un prépolymère réactif, qui imprégnera également le matériau fibreux, mais est susceptible de réagir sur lui-même ou avec un autre prépolymère, en fonction des fins de chaîne portées par ledit prépolymère, après pré-imprégnation, ou encore avec un allongeur de chaîne et notamment lors d'un chauffage au niveau d'une calandre chauffante pour conduire audit polymère final non réactif, ou bien encore à un prépolymère thermoplastique réactif partiellement polymérisé, optionnellement avec le dit allongeur de chaîne, et présentant une masse moléculaire moyenne en nombre (M_n) allant de 500 à 10000, de préférence de 4000 à 8000. Ledit prépolymère thermoplastique réactif partiellement polymérisé est susceptible de conduire audit polymère final non réactif par chauffage dépendant de la T_g et/ou T_f du polymère utilisé.

L'expression « polymère non réactif » signifie que le poids moléculaire n'est plus susceptible d'évoluer significativement, c'est-à-dire que sa masse moléculaire en nombre (M_n) évolue de moins de 50% lors de sa mise en œuvre et correspond donc au polymère polyamide final de la matrice thermoplastique.

A l'opposé, l'expression « polymère réactif » signifie que le poids moléculaire dudit polymère réactif va évoluer durant la mise en œuvre par réaction de prépolymères réactifs entre eux par condensation, substitution ou avec un allongeur de chaîne par polyaddition et sans élimination de sous-produits volatils pour conduire au polymère polyamide final (non réactif) de la matrice thermoplastique.

Selon une première possibilité, ledit prépolymère peut comprendre ou être constituée de, au moins un prépolymère (polyamide) réactif porteur sur la même chaîne (c'est-à-dire sur le même prépolymère), de deux fonctions terminales X' et Y' fonctions respectivement coréactives entre elles par condensation, plus particulièrement avec X' et Y' étant amine et carboxy ou carboxy et amine respectivement.

Dans cette première possibilité, ledit au moins un prépolymère thermoplastique réactif peut être partiellement polymérisé, optionnellement avec le dit allongeur de chaîne, et présente une

masse moléculaire moyenne en nombre (M_n) allant de 500 à 10000, de préférence de 4000 à 8000.

Selon une deuxième possibilité, ledit prépolymère peut comprendre ou être constituée de, au moins deux prépolymères polyamides réactifs entre eux et porteurs chacun respectivement de deux fonctions terminales X' ou Y' , identiques (identiques pour même prépolymère et différentes entre les deux prépolymères), ladite fonction X' d'un prépolymère pouvant réagir seulement avec ladite fonction Y' de l'autre prépolymère, en particulier par condensation, plus particulièrement avec X' et Y' étant amine et carboxy ou carboxy et amine respectivement.

Dans cette deuxième possibilité, ledit au moins un prépolymère thermoplastique réactif peut être partiellement polymérisé, optionnellement avec le dit allongeur de chaîne, et présente une masse moléculaire moyenne en nombre (M_n) allant de 500 à 10000, de préférence de 4000 à 8000.

Selon une troisième possibilité, ledit prépolymère peut comprendre ou être constituée de, au moins un prépolymère dudit polymère polyamide thermoplastique, porteur de n fonctions réactives terminales X , choisies parmi : $-NH_2$, $-CO_2H$ et $-OH$, de préférence NH_2 et $-CO_2H$ avec n étant 1 à 3, de préférence de 1 à 2, plus préférentiellement 1 ou 2, plus particulièrement 2 et au moins un allongeur de chaîne $Y-A'-Y$, avec A' étant un biradical hydrocarboné, porteur de 2 fonctions réactives terminales Y identiques, réactives par polyaddition avec au moins une fonction X dudit prépolymère a1), de préférence de masse moléculaire inférieure à 500, plus préférentiellement inférieure à 400.

Dans cette deuxième possibilité, ledit au moins un prépolymère thermoplastique réactif peut être partiellement polymérisé, optionnellement avec le dit allongeur de chaîne, et présente une masse moléculaire moyenne en nombre (M_n) allant de 500 à 10000, de préférence de 4000 à 8000.

La masse moléculaire moyenne en nombre M_n dudit polymère final de la matrice thermoplastique est de préférence dans une plage allant de 10000 à 40000, de préférence de 12000 à 30000. Ces valeurs M_n peuvent correspondre à des viscosités inhérentes supérieures ou égales à 0,8 telle que déterminées dans le *m*-crésol selon la norme ISO 307:2007 mais en changeant le solvant (utilisation du *m*-crésol à la place de l'acide sulfurique et la température étant de 20°C).

Lesdits prépolymères réactifs selon les deux options citées plus haut, ont une masse moléculaire moyenne en nombre M_n allant de 500 à 10000, de préférence de 1000 à 6000, en particulier de 2500 à 6000.

Les M_n sont déterminées en particulier par le calcul à partir du taux des fonctions terminales déterminé par titration potentiométrique en solution et la fonctionnalité desdits prépolymères.

Les masses Mn peuvent également être déterminées par chromatographie d'exclusion stérique ou par RMN.

La nomenclature utilisée pour définir les polyamides est décrite dans la norme ISO 1874-1:2011 "Plastiques - Matériaux polyamides (PA) pour moulage et extrusion - Partie 1 : Désignation", notamment en page 3 (tableaux 1 et 2) et est bien connue de l'homme du métier. Le polyamide peut être un homopolyamide ou un copolyamide ou un mélange de ceux-ci.

Avantageusement, les prépolymères de constitution de la matrice sont choisis parmi les Polyamides (PA), en particulier choisis parmi les polyamides aliphatiques, les polyamides cycloaliphatiques, et les polyamides semi-aromatiques (polyphthalamides) éventuellement modifiés par des motifs urées, et leur copolymères, le Polyméthacrylate de méthyle (PPMA) et ses copolymères, les Polyether imides (PEI), le Poly(sulfure de phénylène) (PPS), le Poly(sulfone de phénylène) (PPSU), le PVDF, le Poly(éthercétonecétone) (PEKK), le Poly(étheréthercétone) (PEEK), les polymères fluorés comme le poly(fluorure de vinylidène) (PVDF).

Dans un mode de réalisation, les prépolymères de constitution de la matrice sont choisis parmi les Polyamides (PA), en particulier choisis parmi les polyamides aliphatiques, les polyamides cycloaliphatiques, et les polyamides semi-aromatiques (polyphthalamides) éventuellement modifiés par des motifs urées, et leur copolymères, le Polyméthacrylate de méthyle (PPMA) et ses copolymères, les Polyether imides (PEI), le Poly(sulfone de phénylène) (PPSU), le PVDF, le Poly(éthercétonecétone) (PEKK), le Poly(étheréthercétone) (PEEK), les polymères fluorés comme le poly(fluorure de vinylidène) (PVDF).

Pour les polymères fluorés, on peut utiliser un homopolymère du fluorure de vinylidène (VDF de formule $\text{CH}_2=\text{CF}_2$) ou un copolymère du VDF comprenant en poids au moins 50% en masse de VDF et au moins un autre monomère copolymérisable avec le VDF. La teneur en VDF doit être supérieure à 80% en masse, voire mieux 90% en masse, pour assurer une bonne résistance mécanique et chimique à la pièce de structure, surtout lorsqu'elle est soumise à des contraintes thermiques et chimiques. Le comonomère peut être un monomère fluoré tel que par exemple le fluorure de vinyle.

Pour des pièces de structure devant résister à des températures élevées, outre les polymères fluorés, on utilise avantageusement selon l'invention les PAEK (PolyArylEtherKetone) tels que les poly(éther cétones) PEK, le poly(éther éther cétone) PEEK, le poly(éther cétone cétone) PEKK, le Poly(éther cétone éther cétone cétone) PEKEKK ou les PA de haute température de transition vitreuse Tg).

Avantageusement, ledit polymère thermoplastique est un polymère amorphe dont la température de transition vitreuse est telle que $T_g \geq 80^\circ\text{C}$, notamment $\geq 100^\circ\text{C}$, en particulier

$\geq 120^{\circ}\text{C}$, notamment $\geq 140^{\circ}\text{C}$, ou un polymère semi-cristallin dont la température de fusion T_f $\geq 150^{\circ}\text{C}$.

Avantageusement, ledit au moins un prépolymère thermoplastique est sélectionné parmi les polyamides, le PEKK, le PEI et un mélange PEKK et de PEI.

5 Avantageusement, ledit polyamide est choisi parmi les polyamides aliphatiques, les polyamides cycloaliphatiques et les polyamides semi-aromatiques (polyphthalamides).

Avantageusement, ledit prépolymère polyamide aliphatique est choisi parmi :

- le polyamide 6 (PA-6), le polyamide 11 (PA-11), le polyamide 12 (PA-12), le polyamide 66 (PA-66), le polyamide 46 (PA-46), le polyamide 610 (PA-610), le polyamide 612 (PA-612), le
10 polyamide 1010 (PA-1010), le polyamide 1012 (PA-1012), le polyamide 11/1010 et le polyamide 12/1010, ou un mélange de ceux-ci ou un copolyamide de ceux-ci, et les copolymères blocs, notamment polyamide/polyéther (PEBA), et ledit polyamide semi-aromatique est un polyamide semi-aromatique, éventuellement modifié par des unités urées, notamment un PA MXD6 et un PA MXD10 ou un polyamide semi-aromatique de formule
15 X/YAr, tel que décrits dans EP1505099, notamment un polyamide semi-aromatique de formule A/XT dans laquelle A est choisi parmi un motif obtenu à partir d'au moins un aminoacide, au moins un motif obtenu à partir d'un lactame et au moins un motif répondant à la formule (diamine en Ca).(diacide en Cb), avec a représentant le nombre d'atomes de carbone de la diamine et b représentant le nombre d'atome de carbone du diacide, a et b étant chacun
20 compris entre 4 et 36, avantageusement entre 9 et 18, le motif (diamine en Ca) étant choisi parmi les diamines aliphatiques, linéaires ou ramifiés, les diamines cycloaliphatiques et les diamines alkylaromatiques et le motif (diacide en Cb) étant choisi parmi les diacides aliphatiques, linéaires ou ramifiés, les diacides cycloaliphatiques et les diacides aromatiques.; X.T désigne un motif obtenu à partir de la polycondensation d'une diamine en Cx et de l'acide
25 téréphtalique, avec x représentant le nombre d'atomes de carbone de la diamine en Cx, x étant compris entre 6 et 36, avantageusement entre 9 et 18, notamment un polyamide de formule A/6T, A/9T, A/10T ou A/11T, A étant tel que défini ci-dessus, en particulier un polyamide PA 6/6T, un PA 66/6T, un PA 6I/6T, un PA MPMDT/6T, un PA PA11/10T, un PA 11/6T/10T, un PA MXDT/10T, un PA MPMDT/10T, un PA BACT/10T, un PA BACT/6T, PA
30 11/BACT, PA BACT/10T/6T.

T correspond à l'acide téréphtalique, MXD correspond à la m-xylylène diamine, MPMD correspond à la méthylpentaméthylène diamine et BAC correspond au bis(aminométhyl)cyclohexane.

Avantageusement, ledit polyamide est un polyamide semi-aromatique choisi parmi un PA
35 MPMDT/6T, un PA PA11/10T, PA 11/BACT, un PA 11/6T/10T, un PA MXDT/10T, un PA

MPMDT/10T, un PA BACT/10T, un PA BACT/6T, PA BACT/10T/6T, un PA 11/BACT/6T, PA 11/MPMDT/10T, PA 11/ BACT/10T, un PA 11/MXDT/10T.

Matériau fibreux :

5 Concernant les fibres de constitution dudit matériau fibreux, ce sont notamment des fibres continues d'origine minérale, organique ou végétale sous forme de mèches.

Avantageusement, chaque ruban unitaire comprenant un nombre de fibres, notamment de carbone, choisi parmi un multiple de 3000 ou 50000 fibres.

Avantageusement, chaque ruban unitaire comprenant un nombre de fibres de carbone
10 choisi parmi $m \times 12000$ fibres, $n \times 24000$ fibres et $p \times 50000$ fibres, 270 000 fibres ou 400 000 fibres, m étant compris de 1 à 40, en particulier 1 à 4, n étant compris de 1 à 20 et p étant compris de 1 à 10, en particulier 1.

Avantageusement, le grammage pour la fibre de verre est supérieur ou égal à 1200 Tex, notamment supérieur ou égal à 2400 Tex, supérieur ou égal à 4800 Tex.

15 Parmi les fibres d'origine minérale, on peut citer les fibres de carbone, les fibres de verre, les fibres de basalte ou à base de basalte, les fibres de silice, ou les fibres de carbure de silicium par exemple.

Parmi les fibres d'origine organique, on peut citer les fibres à base de polymère thermoplastique ou thermodurcissable, telles que des fibres de polyamides semi-aromatiques,
20 des fibres d'aramide ou des fibres en polyoléfines par exemple. De préférence, elles sont à base de polymère thermoplastique amorphe et présentent une température de transition vitreuse T_g supérieure à la T_g du polymère ou mélange de polymère thermoplastique de constitution de la matrice de pré-imprégnation lorsque ce dernier est amorphe, ou supérieure à la T_f du polymère ou mélange de polymère thermoplastique de constitution de la matrice de
25 pré-imprégnation lorsque ce dernier est semi-cristallin. Avantageusement, elles sont à base de polymère thermoplastique semi-cristallin et présentent une température de fusion T_f supérieure à la T_g du polymère ou mélange de polymère thermoplastique de constitution de la matrice de pré-imprégnation lorsque ce dernier est amorphe, ou supérieure à la T_f du polymère ou mélange de polymère thermoplastique de constitution de la matrice de pré-
30 imprégnation lorsque ce dernier est semi-cristallin. Ainsi, il n'y a aucun risque de fusion pour les fibres organiques de constitution du matériau fibreux lors de l'imprégnation par la matrice thermoplastique du composite final. Parmi les fibres d'origine végétale, on peut citer les fibres naturelles à base de lin, de chanvre, de lignine, de bambou, de soie notamment d'araignée, de sisal, et d'autres fibres cellulosiques, en particulier de viscose. Ces fibres d'origine végétale
35 peuvent être utilisées pures, traitées ou bien enduites d'une couche d'enduction, en vue de faciliter l'adhérence et l'imprégnation de la matrice de polymère thermoplastique.

Il peut également correspondre à des fibres avec des fils de maintien.

Ces fibres de constitution peuvent être utilisées seules ou en mélanges. Ainsi, des fibres organiques peuvent être mélangées aux fibres minérales pour être pré-imprégnée de polymère thermoplastique et former le matériau fibreux pré-imprégné.

5 De préférence le matériau fibreux est constitué par des fibres continues de carbone, de verre ou de carbure de silicium ou leur mélange, en particulier des fibres de carbone. Il est utilisé sous forme d'une mèche ou de plusieurs mèches.

Dans les matériaux imprégnés aussi appelés « prêts à l'emploi », le polymère ou mélange de polymères thermoplastiques d'imprégnation est réparti uniformément et de manière homogène autour des fibres. Dans ce type de matériau, le polymère thermoplastique d'imprégnation doit être réparti de manière la plus homogène possible au sein des fibres afin d'obtenir un minimum de porosités, c'est à dire un minimum de vides entre les fibres. En effet, la présence de porosités dans ce type de matériaux peut agir comme des points de concentrations de contraintes, lors d'une mise sous contrainte mécanique de traction par exemple, et qui forment alors des points d'initiation de rupture du matériau fibreux imprégné et le fragilisent mécaniquement. Une répartition homogène du polymère ou mélange de polymères améliore donc la tenue mécanique et l'homogénéité du matériau composite formé à partir de ces matériaux fibreux imprégnés.

Ainsi, dans le cas de matériaux imprégnés dits « prêts à l'emploi », le taux de fibres dans ledit matériau fibreux pré-imprégné est compris de 45 à 65 % en volume, de préférence de 50 à 60% en volume, notamment de 54 à 60% en volume.

La mesure du taux d'imprégnation peut être réalisée par analyse d'image (utilisation de microscope ou d'appareil photo ou de caméra numérique, notamment), d'une coupe transversale du ruban, en divisant la surface du ruban imprégné par le polymère par la surface totale du produit (surface imprégnée plus surface des porosités). Afin d'obtenir une image de bonne qualité il est préférable d'enrober le ruban découpé dans son sens transversal dans une résine de polissage standard et de polir avec un protocole standard permettant l'observation de l'échantillon au microscope grossissement fois 6 au minimum.

Avantageusement, le taux de porosité dudit matériau fibreux imprégné est inférieur à 10%, notamment inférieur à 5%, en particulier inférieur à 2%.

Il faut noter qu'un taux de porosité nul est difficilement accessible et que par conséquent, avantageusement le taux de porosité est supérieur à 0% mais inférieur aux taux cités ci-dessus.

Le taux de porosité correspond au taux de porosité fermée et peut être déterminée soit par microscopie électronique, soit comme étant l'écart relatif entre la densité théorique et la

densité expérimentale dudit matériau fibreux imprégné tel que décrit dans la partie exemples de la présente invention.

Procédé de préparation des rubans, notamment sous forme de feillard et de tape mince

5 Les rubans de matériau fibreux imprégné sous forme de feillard ou de tape mince, notamment monocouche, peuvent être préparés respectivement en deux ou trois étapes :

Une première étape de pré-imprégnation par une matrice polymère et une seconde étape de chauffage pour finaliser l'imprégnation au moyen d'au moins une pièce d'embarriage (E) et d'au moins un système de chauffage pour le feillard, et une troisième étape de mise en forme et calibration pour la tape mince.

10 Avantageusement, ledit au moins un système de chauffage est choisi parmi une lampe infrarouge, une lampe UV, un chauffage par convection, un chauffage micro-onde un chauffage laser, et un chauffage Hautes Fréquences (HF).

Première étape :pré-imprégnation

15 La première étape de pré-imprégnation pour obtenir un matériau fibreux pré-imprégné peut être effectuée selon les techniques bien connues de l'homme du métier et notamment choisies parmi celles décrites ci-dessus.

Ainsi elle peut être effectuée par une technologie de pré-imprégnation par dépôt de poudre, par voie fondue, notamment par pultrusion, par extrusion en tête d'équerre de polymère fondu, par passage en continu des fibres dans une dispersion aqueuse de poudre polymère ou dispersion aqueuse de particules de polymère ou émulsion ou suspension aqueuse de polymère, par lit fluidisé, équipé ou non d'au moins un embarriage (E'), par projection par buse ou pistolet par voie sèche dans une cuve, équipée ou non d'au moins un embarriage (E').

20 L'embarriage peut être un rouleau de compression concave, convexe ou cylindrique, en particulier il est cylindrique.

La figure 1 présente un exemple de cuve muni d'un embarriage et la figure 2 présente un exemple de cuve comprenant un lit fluidisé dans laquelle l'embarriage est un rouleau de compression cylindrique.

25 La même cuve peut être utilisée sans présence de lit fluidisé et équipée de pistolet de projection.

30 La pré-imprégnation peut aussi être effectuée avec un système tel que défini ci-dessus dans lequel un ou plusieurs embarriage(s) (E'') est(sont) présent(s) en amont dudit système, notamment avant la cuve dans laquelle la pré-imprégnation est effectuée.

35 Il faut noter que les pièces d'embarriage (E) et (E'') peuvent être identiques ou différentes que ce soit au niveau du matériau ou de la forme et ses caractéristiques (diamètre, longueur, largeur, hauteur ... en fonction de la forme).

Voie fondue :

L'étape de pré-imprégnation peut être effectuée par voie fondue, notamment par pultrusion.

Les techniques de pré-imprégnation par voie fondue sont bien connues de l'homme du métier et sont décrites dans les références ci-dessus.

5 L'étape de pré-imprégnation est effectuée notamment par extrusion en tête d'équerre de la matrice polymère et passage de ladite mèche ou desdites mèches dans cette tête d'équerre puis passage dans une filière chauffée, la tête d'équerre étant éventuellement munie d'embarrages fixes ou rotatifs sur lesquels la mèche défile provoquant ainsi un épanouissement de ladite mèche permettant une pré-imprégnation de ladite mèche.

10 La pré-imprégnation peut notamment être effectuée telle que décrite dans US 2014/0005331A1 à la différence que l'alimentation en résine est effectuée des deux côtés de ladite mèche et qu'il n'existe pas de surface de contact éliminant une partie de la résine sur l'une des deux surfaces.

Avantageusement, l'étape de pré-imprégnation est effectuée par voie fondue à grande vitesse, 15 c'est-à-dire avec une vitesse de défilement de ladite mèche ou desdites mèches supérieure ou égale à 5m/min, en particulier supérieure à 9 m/min.

Lit fluidisé :

L'étape de pré-imprégnation peut être effectuée en lit fluidisé.

Un exemple d'unité de mise en œuvre d'un procédé de fabrication sans l'étape de chauffage 20 au moyen d'au moins une pièce d'embarrage est décrit dans la demande internationale WO 2015/121583.

Ce système décrit l'utilisation d'une cuve comprenant un lit fluidisé pour effectuer l'étape de pré-imprégnation et peut être utilisé dans le cadre de l'invention.

Avantageusement, la cuve comprenant le lit fluidisé est munie d'au moins une pièce 25 d'embarrage (E') (figure 1) qui peut être un rouleau de compression (figure 2)).

Par pièce d'embarrage (E'), il faut entendre tout système sur lequel la mèche a la possibilité de défiler dans la cuve. La pièce d'embarrage (E') peut avoir n'importe quelle forme à partir du moment où la mèche peut défiler dessus.

Un exemple de pièce d'embarrage (E'), sans restreindre l'invention à celui-ci, est détaillé dans 30 la figure 1.

Il faut noter que les pièces d'embarrage (E) et (E') peuvent être identiques ou différentes que ce soit au niveau du matériau ou de la forme et ses caractéristiques (diamètre, longueur, largeur, hauteur ... en fonction de la forme).

Cependant, la pièce d'embarrage (E') n'est ni chauffante ni chauffée.

35 L'étape de pré-imprégnation du matériau fibreux est réalisée par passage d'une ou plusieurs mèches dans un dispositif de pré-imprégnation en continu, comprenant une cuve (10) muni

d'au moins une pièce d'embarriage (E') et comprenant un lit fluidisé (12) de poudre de ladite matrice polymère.

La poudre de ladite matrice polymère ou polymère est mise en suspension dans un gaz G (de l'air par exemple) introduit dans la cuve et circulant dans la cuve (10) à travers une trémie (11).

5 La ou les mèches sont mises en circulation dans ce lit fluidisé (12).

La cuve peut avoir toute forme, notamment cylindrique ou parallélépipédique, en particulier un parallélépipède rectangle ou un cube, avantageusement un parallélépipède rectangle.

La cuve (10) peut être une cuve ouverte ou fermée.

10 Dans le cas où la cuve est fermée, elle est alors équipée d'un système d'étanchéité pour que la poudre de ladite matrice polymère ne puisse pas sortir de ladite cuve.

Cette étape de pré-imprégnation est donc effectuée par voie sèche, c'est à dire que la matrice polymère thermoplastique est sous forme de poudre, notamment en suspension dans un gaz, en particulier de l'air, mais ne peut pas être en dispersion dans un solvant ou dans l'eau.

15 Chaque mèche à pré-imprégner est déroulée d'un dispositif à dévidoirs sous la traction engendrée par des cylindres (non représentés).

20 Chaque dévidoir est pourvu d'un frein (non représenté) de manière à appliquer une tension sur chaque mèche de fibres. Dans ce cas, un module d'alignement permet de disposer les mèches de fibres parallèlement les unes par rapport aux autres. De cette manière les mèches de fibres ne peuvent pas être en contact les unes avec les autres, ce qui permet d'éviter une dégradation mécanique des fibres par frottement entre elles.

25 La mèche de fibres ou les mèches de fibres parallèles passent alors dans une cuve (10), comprenant en particulier un lit fluidisé (12), munie d'une pièce d'embarriage (E') qui est un rouleau de compression (24) dans le cas de la figure 2. La mèche de fibres ou les mèches de fibres parallèles ressort(ent) ensuite de la cuve après pré-imprégnation après contrôle éventuel du temps de séjour dans la poudre.

L'expression « temps de séjour dans la poudre » signifie le temps durant lequel la mèche est en contact avec ladite poudre dans le lit fluidisé.

30 Si le matériau fibreux, tel que les mèches de fibre de verre ou de carbone, présente un ensimage, une étape optionnelle de dé-ensimage peut être effectuée avant le passage du matériau fibreux dans la cuve.

Avantageusement, la cuve utilisée comprend un lit fluidisé avec un embarriage et ladite étape de pré-imprégnation est effectuée avec un épanouissement simultané de ladite mèche ou desdites mèches entre l'entrée et la sortie de la cuve comprenant ledit lit fluidisé.

35 L'expression « entrée de la cuve » correspond à la tangente verticale du bord de la cuve qui comprend le lit fluidisé.

L'expression « sortie de la cuve » correspond à la tangente verticale de l'autre bord de la cuve qui comprend le lit fluidisé.

5 L'épanouissement consiste à singulariser au maximum chaque fibre constitutive de ladite mèche des autres fibres qui l'entourent dans son plus proche espace. Il correspond à l'étalement transverse de la mèche.

En d'autres termes, l'étalement transverse ou la largeur de la mèche augmente entre l'entrée de la cuve comprenant le lit fluidisé et la sortie de la cuve comprenant le lit fluidisé et permet ainsi une pré-imprégnation améliorée du matériau fibreux.

10 L'utilisation d'au moins un embarrage (E'), en particulier un rouleau de compression cylindrique, dans l'étape de pré-imprégnation permet donc une pré-imprégnation améliorée par rapport aux procédés de l'art antérieur.

L'expression « rouleau de compression » signifie que la mèche qui défile s'appuie partiellement ou totalement sur la surface dudit rouleau de compression, ce qui induit l'épanouissement de la dite mèche.

15 Avantagement, ledit au moins un rouleau de compression est de forme cylindrique et le pourcentage d'épanouissement de ladite mèche ou desdites mèches entre l'entrée et la sortie de la cuve dudit lit fluidisé est compris de 1% à 1000%, préférentiellement de 100% à 800% préférentiellement de 200% à 800%, préférentiellement de 400% à 800%.

20 Le pourcentage d'épanouissement est égal au rapport de la largeur finale de la mèche sur la largeur initiale de la mèche multiplié par 100.

Le diamètre dudit au moins un rouleau de compression est compris de 3 mm à 500 mm, préférentiellement de 10 mm à 100 mm, en particulier de 20 mm à 60 mm.

Au-dessous de 3 mm, la déformation de la fibre induite par le rouleau de compression est trop importante.

25 Avantagement, le rouleau de compression est cylindrique et non cannelé et en particulier est métallique.

Lorsque la pièce d'embarrage (E') est au moins un rouleau de compression, selon une première variante, un seul rouleau de compression est présent dans le lit fluidisé et ladite pré-imprégnation est effectuée au niveau de l'angle α_1 formé par ladite mèche ou lesdites mèches
30 entre l'entrée dudit rouleau de compression et la tangente verticale audit rouleau de compression.

L'angle α_1 formé par ladite mèche ou lesdites mèches entre l'entrée dudit rouleau de compression et la tangente verticale audit rouleau de compression permet la formation d'une zone dans laquelle la poudre va se concentrer conduisant ainsi à un « effet de coin » qui avec
35 l'épanouissement simultané de la mèche par ledit rouleau de compression permet une pré-

imprégnation sur une largeur plus importante de mèche et donc une pré-imprégnation améliorée comparée aux techniques de l'art antérieur améliorée.

Dans toute la description, toutes les valeurs d'angle données sont exprimées en valeurs absolue.

5 Avantageusement, l'angle α_1 est compris de 0 à 89°, préférentiellement 5° à 85°, préférentiellement de 5° à 45°, préférentiellement de 5° à 30°.

Néanmoins, un angle α_1 compris de 0 à 5° est susceptible d'engendrer des risques de sollicitation mécanique, ce qui conduira à la casse des fibres et un angle α_1 compris de 85° à 89° ne crée pas suffisamment d'effort mécanique pour créer « l'effet de coin ».

10 Une valeur de l'angle α_1 égale à 0° correspond donc à une fibre verticale. Il est bien évident que la hauteur du rouleau de compression cylindrique est réglable permettant ainsi de pouvoir positionner la fibre verticalement.

Avantageusement, le bord d'entrée de la cuve (23a) est équipé d'un rouleau, notamment cylindrique et rotatif sur lequel défile ladite mèche ou les dites mèches conduisant ainsi à un

15 épanouissement préalable à la pré-imprégnation.

Il est bien évident que « l'effet de coin » provoqué par l'angle α_1 favorise la pré-imprégnation sur une face mais l'épanouissement de ladite mèche obtenu grâce au rouleau de compression permet aussi d'avoir une pré-imprégnation sur l'autre face de ladite mèche. Autrement dit, ladite pré-imprégnation est favorisée sur une face de ladite mèche ou des dites mèches au

20 niveau de l'angle α_1 formé par ladite mèche ou les dites mèches entre l'entrée dudit au moins un rouleau de compression R_1 et la tangente verticale au rouleau de compression R_1 mais l'épanouissement permet aussi de pré-imprégner l'autre face.

L'angle α_1 est tel que défini ci-dessus.

Avantageusement, le diamètre en volume D90 des particules de poudre de polymère

25 thermoplastique est compris 30 à 500 μm , avantageusement de 80 à 300 μm .

Avantageusement, le diamètre en volume D10 des particules de poudre de polymère thermoplastique est compris de 5 à 200 μm , avantageusement de 15 à 100 μm .

Avantageusement, le diamètre en volume des particules de poudre de polymère thermoplastique est compris dans le ratio D90/D10, soit compris de 1,5 à 50,

30 avantageusement de 2 à 10.

Avantageusement, le diamètre moyen D50 en volume des particules de poudre de polymère thermoplastique est compris de 10 à 300 μm , notamment de 30 à 200 μm , plus particulièrement de 45 à 200 μm .

Les diamètres en volume des particules (D10, D50 et D90) sont définis selon la norme ISO

35 9276 :2014.

Le « D50 » correspond au diamètre moyen en volume, c'est à dire la valeur de la taille de particule qui divise la population de particules examinée exactement en deux.

Le « D90 » correspond à la valeur à 90% de la courbe cumulée de la distribution granulométrique en volume.

- 5 Le « D10 » correspond à la correspond à la taille de 10% du volume des particules.
Selon d'autres variantes, deux, trois rouleaux ou plus peuvent être présents dans le lit fluidisé.

Pulvérisation par pistolet :

10 L'étape de pré-imprégnation du matériau fibreux peut également être effectuée par passage d'une ou plusieurs mèches dans un dispositif de pré-imprégnation en continu par projection, comprenant une cuve, comprenant une ou des buses(s) ou un ou des pistolet(s) projetant la poudre de polymère sur le matériau fibreux en entrée de rouleau.

La poudre de polymère(s) ou polymère est projetée dans la cuve au moyen de buse(s) ou de pistolet(s) au niveau de la pièce d'embarrage notamment du rouleau de compression (en
15 entrée) sur ledit matériau fibreux. La ou les mèches sont mises en circulation dans cette cuve. Un exemple sans être limité à celui-ci avec un pistolet est présenté figure 3.

Toutes les caractéristiques des embarrages, et notamment des rouleaux de compression, de l'épanouissement, et de l'angle α_1 provoquant l'effet de coin et détaillées pour le lit fluidisé sont également valables pour la pulvérisation par pistolet.

20 Selon d'autres variantes, deux, trois rouleaux ou plus peuvent être présents munis chacun d'un pistolet.

Deuxième étape : chauffage du matériau fibreux pré-imprégné et finalisation de l'imprégnation.

25 L'étape de pré-imprégnation peut donc être effectuée par tout moyen muni ou non d'au moins un embarrage (E').

La présence de l'embarrage permet l'épanouissement de la mèche et favorise la pré-imprégnation. Cependant, la présence de cet embarrage n'est pas indispensable à partir du moment où un système de chauffage muni d'au moins une pièce d'embarrage (E) est présent
30 après l'étape de pré-imprégnation pour finaliser l'imprégnation.

L'expression « pièce d'embarrage (E) » signifie tout système sur lequel la mèche a la possibilité de défiler. La pièce d'embarrage (E) peut avoir n'importe quelle forme à partir du moment où la mèche peut défiler dessus. Elle peut être fixe ou en rotation.

Le système de chauffage est tout système dégageant de la chaleur ou émettant un
35 rayonnement susceptible de chauffer la pièce d'embarrage (E).

Il peut être choisi parmi une lampe infrarouge, une lampe UV, un chauffage par convection, un chauffage micro-onde un chauffage laser, et un chauffage Hautes Fréquences (HF).

La pièce d'embarrage (E) est par conséquent conductrice ou absorbe le rayonnement émis par la chaleur.

5 L'expression « pièce d'embarrage (E) conductrice de la chaleur » signifie que la pièce d'embarrage (E) est constituée d'un matériau capable d'absorber et de conduire la chaleur.

Il peut être également un système de chauffage par ondes hautes fréquences, micro-ondes ou laser.

10 Dans ce cas, la pièce d'embarrage est non conductrice de la chaleur ou n'absorbe pas le rayonnement émis par la chaleur.

L'expression « pièce d'embarrage (E) non conductrice de la chaleur » signifie que la pièce d'embarrage (E) est constituée d'un matériau incapable d'absorber et de conduire la chaleur.

Ladite au moins une pièce d'embarrage (E) est situé ou comprise dans l'environnement du système de chauffage, c'est-à-dire qu'elle n'est pas à l'extérieur du système de chauffage.

15 Avantageusement ledit système de chauffage surmonte ladite au moins une pièce d'embarrage (E). Le système de chauffage est à une hauteur suffisante pour que le polymère présent sur la mèche puisse fondre mais sans dégrader ledit polymère.

Néanmoins, ledit système de chauffage comprend soit uniquement ladite au moins une pièce d'embarrage (E) mais peut comprendre également une portion de la mèche, hors dudit
20 système d'embarrage (E), ladite portion de mèche étant située avant et/ou après ledit système d'embarrage (E).

Une représentation d'un système de chauffage et de trois embarrages (E), correspondant à R'_1 , R'_2 et R'_3 , est présentée figure 4, sans être limitée en quoi que ce soit à celle-ci.

25 Il est bien évident qu'un second système de chauffage peut être présent sous les embarrages permettant ainsi une fusion uniforme dudit polymère sur les deux surfaces de la mèche.

Le système de chauffage représenté figure 4 est un système horizontal. Cependant, le ou les système(s) de chauffage peuvent être disposés verticalement avec défilement également vertical de la mèche au travers des embarrages.

30 Par conséquent, cette étape de chauffage permet de parfaire l'imprégnation de la mèche effectuée au préalable lors de l'étape de pré-imprégnation et notamment d'obtenir une imprégnation homogène et à cœur.

Le terme « homogène » signifie que l'imprégnation est uniforme et qu'il n'y a pas de fibres sèches, c'est-à-dire, non imprégnée, et qu'il n'y a pas à l'inverse de zone de résine pure
35 sans fibre dans au moins 95% du volume du ruban de matériau fibreux imprégné.

En effet, quel que soit le système utilisé pour l'étape de pré-imprégnation, un premier épanouissement se produit lors de cette étape, notamment si l'étape de pré-imprégnation est effectuée avec utilisation de pièces d'embarriage (E'), telle que dans un lit fluidisé avec au moins un embarriage comme décrit ci-dessus.

5 Un premier épanouissement de la mèche se produit au niveau desdits rouleaux de compression correspondants aux pièces d'embarriage (E') avec « effet de coin » en raison du défilement partiel ou total de ladite mèche sur la ou lesdites pièce(s) d'embarriage (E') et un deuxième épanouissement se produit lors de l'étape de chauffage, au niveau desdits rouleaux de compression correspondants aux pièces d'embarriage (E) en raison du défilement partiel
10 ou total de ladite mèche sur la ou lesdites pièce(s) d'embarriage (E).

Le système de chauffage peut être séparé en deux et donc constitué de deux systèmes de chauffage, un premier système de chauffage avant lesdites pièces d'embarriage (E) et un deuxième système de chauffage comprenant les dites pièces d'embarriage. Il est bien évident que la distance entre les deux systèmes de chauffage est alors suffisante pour que le polymère
15 reste à l'état de fusion.

Les deux systèmes de chauffage peuvent être de même nature ou de nature différente et de puissance identique ou différente.

Ce deuxième épanouissement est précédé lors du passage de la mèche dans le système de chauffage, avant son défilement partiel ou total sur la ou lesdites pièce(s) d'embarriage (E),
20 d'une rétractation de la mèche en raison de la fusion du polymère sur ladite mèche.

Ce deuxième épanouissement combiné à la fusion de ladite matrice polymère par le système de chauffage et à la rétractation de la mèche permettent d'homogénéiser la pré-imprégnation et finaliser ainsi l'imprégnation et d'avoir ainsi une imprégnation à cœur et d'avoir un taux élevé de fibres en volume, notamment constant dans au moins 70% du volume du ruban, notamment dans au moins 80% du volume du ruban, en particulier dans au moins 90% du
25 volume du ruban, plus particulièrement dans au moins 95% du volume du ruban, ainsi que de diminuer la porosité.

Une mèche de largeur l_1 avant pré-imprégnation présente donc une largeur $l_2 > l_1$ après pré-imprégnation et une largeur $l_3 < l_2 > l_1$ après fusion du polymère et rétractation dudit matériau
30 fibreux pré-imprégné par ledit polymère en fusion.

Après passage sur la ou les pièce(s) d'embarriages, le deuxième épanouissement du matériau fibreux comprenant ledit polymère en fusion conduit à un matériau présentant une largeur l_4 environ égale à l_2 et présentant une épaisseur moyenne inférieure ou égale à 100 μ m.

Le matériau fibreux imprégné constitue alors un ruban sous forme de feuillard de largeur et
35 épaisseur moyennes non calibrées.

Avantageusement, le pourcentage d'épanouissement lors de l'étape de chauffage entre l'entrée du premier rouleau de compression R_1 et la sortie du dernier rouleau de compression R_i est d'environ 0 à 300%, en particulier de 0 à 50%.

5 Les différents épanouissements lors de l'étape de chauffage combinés à la fusion du polymère thermoplastique et la rétractation de la mèche pendant ladite étape de chauffage permettent l'obtention d'un taux de fibres imprégnées après l'étape de chauffage compris de 45 à 65 % en volume, de préférence de 50 à 60% en volume, notamment de 54 à 60% (taux de fibres qui ne peut être atteint par les techniques classiques de voie fondue), le taux de fibres en volume et la répartition des fibres étant substantiellement identique en moyenne de part et
10 d'autre du plan médian du matériau fibreux sur toute la longueur dudit matériau fibreux conduisant ainsi à l'obtention d'un matériau fibreux notamment monocouche.

En dessous de 45% de fibres, le renfort n'a pas d'intérêt pour ce qui concerne les propriétés mécaniques.

15 Au-dessus de 65%, les limites du procédé sont atteintes et les propriétés mécaniques sont reperdues.

Il est bien évident que l'épaisseur moyenne e_4 est dépendante du taux de fibres imprégnées, l'épaisseur moyenne étant notamment inférieure ou égale à $100\mu\text{m}$ pour un taux de fibres imprégnées compris de 45% à 65% en volume.

20 Le chauffage du matériau fibreux pré-imprégné effectué sans passage dans les embarrages (E) permet d'obtenir des rubans d'épaisseur moyenne supérieure à $100\mu\text{m}$ mais inférieure à $150\mu\text{m}$.

Avantageusement, le taux de porosité dans ledit matériau fibreux imprégné est inférieur à 10%, notamment inférieur à 5%, en particulier inférieur à 2%.

25 **Etape de mise en forme et calibration: obtention de la tape mince**

Une étape de mise en forme de la mèche ou desdites mèches parallèles et de calibration dudit matériau fibreux imprégné lorsque qu'elle a lieu est effectuée après sortie du deuxième système de chauffage.

30 Cette étape peut être effectuée directement après sortie du deuxième système de chauffage et dans ce cas la vitesse de défilement de la mèche est identique dans les deuxième et troisième systèmes de chauffage ou de manière différée, ce qui signifie que la vitesse de défilement de la mèche peut être différente entre le deuxième et le troisième système de chauffage.

Cette étape peut être effectuée selon l'un des modes de réalisation suivants :

1) passage d'un feillard sur un ou plusieurs embarrages (tels que définis pour (E)) dont au moins un embarrage est cranté (gorgé), la largeur moyenne dudit feillard étant inférieure à l'embarrage cranté (ou gorgé).

5 Au moins un desdits embarrages est situé sous un troisième système de chauffage, notamment IR, microondes ou hautes fréquences ou laser, en particulier IR de puissance (pour chaque feillard ou empilement de feillard parallèles) comprise entre 0,1W et 10kW, plus préférentiellement entre 0,1 et 6kW, plus préférentiellement entre 0,1 et 3kW, encore plus préférentiellement entre 0,6 et 3kW, encore plus préférentiellement entre 0,6 et 1,8kW.

10 Avantagement, ledit au moins un rouleau cranté (41) est situé en premier et est hors du troisième système de chauffage (45). Avantagement, un deuxième embarrage cranté (44) est présent en sortie du troisième système de chauffage et hors dudit troisième système de chauffage.

15 Le passage sur les embarrages non crantés (42) et (43) permet de ré épanouir le feillard à la largeur de l'embarrage cranté.

Le diamètre du ou des embarrage(s) cranté(s) (41) et (44) est compris de 12 mm à 50 mm, en particulier de 12 mm à 30 mm.

Le diamètre du ou des embarrage(s) non cranté(s) (42) et (43) est compris de 10 mm à 50 mm, en particulier de 10 mm à 30 mm.

20 Après passage sous le troisième système de chauffage, le feillard est mis en forme à la largeur de l'embarrage cranté en sortie du troisième système de chauffage passe au niveau de calendres chauffantes (46) montées en série équipées d'un IR de 1kW chacune et dont la puissance délivrée est modulable, hors du troisième système de chauffage, pour obtenir la tape mince d'épaisseur inférieure à 100µm.

25 La figure 7 (avec une seule bobine utilisée et après passage dans l'IR2) décrit un exemple de réalisation sans être limité à celui-ci.

30 Les embarrages avant IR3 et sous IR3 sont présentés en figure 7 au même niveau mais ils peuvent être comme dans le deuxième système de chauffage à des hauteurs différentes. Les embarrages crantés peuvent également être de diamètre identique ou différent tout comme les embarrages non crantés.

2) passage d'un feillard sur un ou plusieurs embarrages (tels que définis pour (E)) dont au moins un embarrage est cranté (gorgé), la largeur moyenne dudit feillard étant supérieure à l'embarrage cranté (ou gorgé).

35 Lesdits embarrages sont situés sous un troisième système de chauffage, notamment IR, microondes, hautes fréquences ou laser, en particulier IR de puissance (pour chaque feillard ou empilement de feillards parallèles) comprise entre 0,1W et 10kW, plus préférentiellement

entre 0,1 et 6kW, plus préférentiellement entre 0,1 et 3kW, encore plus préférentiellement entre 0,6 et 3kW, encore plus préférentiellement entre 0,6 et 1,8kW. Avantageusement, ledit au moins un rouleau cranté est situé en premier.

5 Le passage sur le premier embarrage cranté permet de réduire la largeur du feuillard en dessous de la largeur de la gorge crantée. Avantageusement, un deuxième embarrage cranté est présent en sortie du troisième système de chauffage avec une gorge de largeur supérieure à la largeur du feuillard.

10 Après passage sous le troisième système de chauffage, le feuillard mis en forme à la largeur de l'embarrage cranté en sortie du troisième système de chauffage passe au niveau de calandres chauffantes montées en série équipées d'un IR de 1kW chacune, hors du troisième système de chauffage, pour obtenir la tape mince d'épaisseur inférieure à 100µm.

Un système de calandrage avec gestion de la pression et de l'écartement entre rouleaux tel que décrit dans WO 2015/121583 peut être utilisé dans ces deux modes de réalisation.

15 L'embarrage est en particulier un rouleau cranté fixe ou rotatif, voire contre rotatif, en particulier fixe pour rassembler le dit matériau fibreux imprégné à la bonne largeur.

Le rouleau cranté peut également avoir des bords arrondis au niveau des contacts latéraux avec l'embarrage pour éviter de détériorer les fibres en bord de tape mince.

L'expression « bords arrondis » signifie que le fond du cran est de forme concave ou convexe.

20 Le matériau fibreux imprégné après passage sur le système de calandre constitue alors un ruban sous la forme d'une tape mince présentant une largeur moyenne finale inférieure à l_4 .

Avantageusement, le premier mode de réalisation de l'étape de mise en forme et calibration est préféré.

25 Ladite tape mince présente une épaisseur moyenne inférieure ou égale à 100µm pour un taux de fibres imprégnées compris de 45% à 65% en volume.

Avantageusement, ladite tape mince présente une largeur moyenne finale inférieure à l_4 et une épaisseur moyenne comprise de 10µm à 100µm pour un taux de fibres imprégnées compris de 45% à 65% en volume.

30 Cela permet donc de travailler avec des grandes vitesses de défilement et de diminuer ainsi les coûts de production.

Avantageusement, le procédé selon l'invention est effectué à une vitesse d'au moins 10 m/min, en particulier d'au moins 20 m/min, notamment d'au moins 30 m/min.

Etape de superposition et/ou accolement

35 Plusieurs modes de réalisation sont possibles :

1) Après l'étape d'imprégnation et obtention du feuillard (ruban) décrit ci-dessus, ou après l'étape optionnelle de mise en forme et calibration en tape mince (ruban) ci-dessus définie, une étape de superposition et/ou accolement d'au moins deux rubans est effectuée, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement.

5 Cette étape peut être effectuée selon plusieurs modes de réalisation :

- Dans une première variante (figure 7), lesdits au moins deux feuilards sont superposés et/ou accolés en passant sur un ou plusieurs embarrages (tels que définis pour (E)) dont au moins un embarrage est cranté (gorgé).

10 Au moins un desdits embarrages est situé sous un troisième système de chauffage, notamment IR, microonde, hautes fréquences ou laser, en particulier IR de puissance (pour chaque feuillard ou empilement de feuilards parallèles) comprise entre 0,1W et 10kW, plus préférentiellement entre 0,1 et 6kW, plus préférentiellement entre 0,1 et 3kW, encore plus préférentiellement entre 0,6 et 3kW, encore plus préférentiellement entre 0,6 et 1,8kW.

15 Avantageusement, un premier embarrage cranté (gorgé) à la dimension voulue permet la superposition et/ou l'accolement à la dimension voulue hors troisième système de chauffage.

20 Les feuilards superposés et/ou accolés à la dimension voulue passent ensuite sur au moins embarrage non cranté sous ledit troisième système de chauffage puis sur un deuxième embarrage cranté également sous ledit troisième système de chauffage.

Avantageusement, deux embarrages non crantés sont présents sous ledit troisième système de chauffage.

25 Après passage sous le troisième système de chauffage, les feuilards superposés et/ou accolés et mis en forme à la largeur de l'embarrage cranté en sortie du troisième système de chauffage passent au niveau de calendres chauffantes montées en série équipées d'un IR de 1kW chacune à puissance modulable (en pourcentage de la puissance maximale), hors du troisième système de chauffage, pour obtenir la nappe.

30 - Dans une seconde variante, le premier rouleau cranté de la première variante est également placé sous le troisième système de chauffage.

35 - Dans une troisième variante, lesdits au moins deux feuilards passent sur au moins un embarrage, optionnellement cranté, muni d'un système de chauffage puis passage au niveau de calendres chauffantes montées en série équipées d'un IR de 1kW chacune à puissance modulable (en pourcentage de la puissance maximale), hors du troisième système de chauffage, pour obtenir la nappe.

Les embarrages crantés ou non utilisés dans la première, seconde et troisième variante présentent les caractéristiques suivantes :

Le diamètre du ou des embarrage(s) cranté(s) (41) et (44) est compris de 12 mm à 50 mm, en particulier de 12 mm à 30 mm.

Le diamètre du ou des embarrage(s) non cranté(s) (42) et (43) est compris de 10 mm à 50 mm, en particulier de 10 mm à 30 mm.

- Dans une quatrième variante, lesdits au moins deux feuilards sont chauffés par au moins un système de chauffage puis passés au niveau de calandres chauffantes montées en série équipées d'un IR de 1kW chacune à puissance modulable (en pourcentage de la puissance maximale), hors du troisième système de chauffage, pour obtenir la nappe.

Dans ce mode de réalisation, il n'y a pas d'embarrages présents dans le système de chauffage.

- Dans une cinquième variante, lesdits au moins deux feuilards sont chauffés puis passés en filière chaude passés avant passage au niveau de calandres chauffantes montées en série équipées d'un IR de 1kW chacune à puissance modulable (en pourcentage de la puissance maximale), hors du troisième système de chauffage, pour obtenir la nappe.

Dans ce mode de réalisation, il n'y a pas d'embarrages présents dans le système de chauffage.

2) L'étape de superposition et/ou accollement d'au moins deux feuilards est effectuée lors de l'étape d'imprégnation sous IR2 et obtention du feuilard décrit ci-dessus.

Lesdits au moins deux feuilards superposés et/ou accolés sont alors soumis à l'une des cinq variantes du premier mode de réalisation ci-dessus décrit.

En règle générale, le système de chauffage avec embarrage ou non est à une température qui est supérieure à la T_f du polymère. La calandres chauffantes montées en série sont à une température comprise entre T_g et T_f du polymère, avantageusement comprise de $T_g + 50^\circ\text{C}$ à $T_g + 80^\circ\text{C}$, telle que déterminée selon ISO 11357-2 2013.

Modes de réalisation avantageux de l'invention

Avantageusement, le matériau fibreux est choisi parmi la fibre de carbone et la fibre de verre.

Avantageusement, le matériau fibreux est la fibre de carbone et chaque ruban unitaire comprenant un nombre de fibres de carbone choisi parmi $m \times 12000$ fibres, $n \times 24000$ fibres

et p x 50000 fibres, m étant compris de 1 à 40, en particulier 1 à 4, n étant compris de 1 à 20 et p étant compris de 1 à 10, en particulier 1.

Avantageusement, le polymère thermoplastique utilisé pour imprégner la fibre de carbone est un polyamide semi-aromatique.

5 Avantageusement, le polymère thermoplastique utilisé pour imprégner la fibre de carbone est un polyamide semi-aromatique choisi parmi un PA MPMDT/6T, un PA PA11/10T, un PA 11/BACT, un PA 11/6T/10T, un PA MXDT/10T, un PA MPMDT/10T, un PA BACT/10T, un PA BACT/6T, PA BACT/10T/6T, un PA 11/BACT/6T, PA 11/MPMDT/10T, PA 11/BACT/10T, un PA 11/MXDT/10T, un PEEK, PEKK et un PEI ou un mélange de ceux-ci.

10 Avantageusement, le matériau fibreux est la fibre de verre et le grammage pour la fibre de verre est supérieur ou égal à 1200 Tex, notamment supérieur ou égal à 2400 Tex, supérieur ou égal à 4800 Tex.

Avantageusement, le polymère thermoplastique utilisé pour imprégner la fibre de verre est un polyamide semi-aromatique.

15 Avantageusement, le polymère thermoplastique utilisé pour imprégner la fibre de verre est un polyamide semi-aromatique choisi parmi un PA MPMDT/6T, un PA PA11/10T, un PA 11/BACT, un PA 11/6T/10T, un PA MXDT/10T, un PA MPMDT/10T, un PA BACT/10T, un PA BACT/6T, PA BACT/10T/6T, un PA 11/BACT/6T, PA 11/MPMDT/10T, PA 11/BACT/10T, un PA 11/MXDT/10T, un PEEK, PEKK et un PEI ou un mélange de ceux-ci.

20 Avantageusement, la pré-imprégnation du matériau fibreux en fibre de carbone est effectuée par lit fluidisé puis une étape de chauffage et de finalisation de l'imprégnation pour obtenir un matériau fibreux imprégné constitué d'un ruban sous forme de feuilard présentant une épaisseur moyenne inférieure ou égale à 100µm, en particulier comprise de 10µm à 100µm, ladite étape de chauffage étant immédiatement consécutive à l'étape de pré-
25 imprégnation.

Avantageusement, le polymère thermoplastique constituant un ruban sous forme de feuilard utilisé pour imprégner la fibre de carbone est un polyamide semi-aromatique.

30 Avantageusement, le polymère thermoplastique constituant un ruban sous forme de feuilard utilisé pour imprégner la fibre de carbone est un polyamide semi-aromatique choisi parmi un PA MPMDT/6T, un PA PA11/10T, un PA 11/BACT, un PA 11/6T/10T, un PA MXDT/10T, un PA MPMDT/10T, un PA BACT/10T, un PA BACT/6T, PA BACT/10T/6T, un PA 11/BACT/6T, PA 11/MPMDT/10T, PA 11/BACT/10T, un PA 11/MXDT/10T, un PEEK, PEKK et un PEI ou un mélange de ceux-ci.

35 Avantageusement, la superposition et/ou accollement de N rubans de matériaux fibreux sous forme de feuilard, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins

partiellement, est effectuée par chauffage dudit ruban par au moins un système de chauffage puis passage dudit ruban sur au moins un embarrage cranté muni d'un système de chauffage puis passage sur une calandre chauffante.

5 Avantageusement, la pré-imprégnation du matériau fibreux en fibre de carbone est effectuée par lit fluidisé puis une étape de chauffage, de finalisation de l'imprégnation et de mise en forme et de calibration pour obtenir un matériau fibreux imprégné constitué d'un ruban sous forme de tape mince présentant une épaisseur moyenne inférieure ou égale à 100µm, en particulier comprise de 10µm à 100µm, ladite étape de chauffage étant immédiatement consécutive à l'étape de pré-imprégnation.

10 Avantageusement, la superposition et/ou accollement de N rubans de matériaux fibreux sous forme de tape mince, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, est effectuée par chauffage dudit ruban par au moins un système de chauffage puis passage dudit ruban sur au moins un embarrage cranté muni d'un système de chauffage puis passage sur une calandre chauffante.

15 Avantageusement, le polymère thermoplastique constituant un ruban sous forme de tape mince utilisé pour imprégner la fibre de carbone est un polyamide semi-aromatique.

Avantageusement, le polymère thermoplastique constituant un ruban sous forme de tape mince utilisé pour imprégner la fibre de carbone est un polyamide semi-aromatique choisi parmi un PA MPMDT/6T, un PA PA11/10T, un PA 11/BACT, un PA 11/6T/10T, un PA
20 MXDT/10T, un PA MPMDT/10T, un PA BACT/10T, un PA BACT/6T, PA BACT/10T/6T, un PA 11/BACT/6T, PA 11/MPMDT/10T, PA 11/ BACT/10T, un PA 11/MXDT/10T, un PEEK, PEKK et un PEI ou un mélange de ceux-ci.

Avantageusement, la pré-imprégnation du matériau fibreux en fibre de verre est effectuée par lit fluidisé puis une étape de chauffage et de finalisation de l'imprégnation pour
25 obtenir un matériau fibreux imprégné constitué d'un ruban sous forme de feillard présentant une épaisseur moyenne inférieure ou égale à 100µm, en particulier comprise de 10µm à 100µm, ladite étape de chauffage étant immédiatement consécutive à l'étape de pré-imprégnation.

Avantageusement, le polymère thermoplastique constituant un ruban sous forme de
30 feillard utilisé pour imprégner la fibre de verre est un polyamide semi-aromatique.

Avantageusement, le polymère thermoplastique constituant un ruban sous forme de feillard utilisé pour imprégner la fibre de verre est un polyamide semi-aromatique choisi parmi un PA MPMDT/6T, un PA PA11/10T, un PA 11/BACT, un PA 11/6T/10T, un PA MXDT/10T,
un PA MPMDT/10T, un PA BACT/10T, un PA BACT/6T, PA BACT/10T/6T, un PA
35 11/BACT/6T, PA 11/MPMDT/10T, PA 11/ BACT/10T, un PA 11/MXDT/10T, un PEEK, PEKK et un PEI ou un mélange de ceux-ci.

Avantageusement, la superposition et/ou accolement de N rubans de matériaux fibreux sous forme de feillard, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, est effectuée par chauffage dudit ruban par au moins un système de chauffage puis passage dudit ruban sur au moins un embarrage muni d'un système de chauffage puis passage sur une calandre chauffante.

Avantageusement, la pré-imprégnation du matériau fibreux en fibre de verre est effectuée par lit fluidisé puis une étape de chauffage et de finalisation de l'imprégnation pour obtenir un matériau fibreux imprégné constitué d'un ruban sous forme de tape mince présentant une épaisseur moyenne inférieure ou égale à 100 μ m, en particulier comprise de 10 μ m à 100 μ m, ladite étape de chauffage étant immédiatement consécutive à l'étape de pré-imprégnation.

Avantageusement, le polymère thermoplastique constituant un ruban sous forme de tape mince utilisé pour imprégner la fibre de verre est un polyamide semi-aromatique.

Avantageusement, le polymère thermoplastique constituant un ruban sous forme de tape mince utilisé pour imprégner la fibre de verre est un polyamide semi-aromatique choisi parmi un PA MPMDT/6T, un PA PA11/10T, un PA 11/BACT, un PA 11/6T/10T, un PA MXDT/10T, un PA MPMDT/10T, un PA BACT/10T, un PA BACT/6T, PA BACT/10T/6T, un PA 11/BACT/6T, PA 11/MPMDT/10T, PA 11/ BACT/10T, un PA 11/MXDT/10T, un PEEK, PEKK et un PEI ou un mélange de ceux-ci.

Avantageusement, la superposition et/ou accolement de N rubans de matériaux fibreux sous forme de tape mince, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, est effectuée par chauffage dudit ruban par au moins un système de chauffage puis passage dudit ruban sur au moins un embarrage muni d'un système de chauffage puis passage sur une calandre chauffante.

La figure 1 détaille une cuve (10) comprenant un lit fluidisé (12) avec une pièce d'embarrage, réglable en hauteur (22). Le bord de l'entrée de la cuve est équipé d'un rouleau rotatif 23a sur lequel défile la mèche 21a et le bord de la sortie cuve est équipé d'un rouleau rotatif 23b sur lequel défile la mèche 21b.

La figure 2 présente décrit un mode de réalisation à un seul rouleau de compression, avec une cuve (10) comprenant un lit fluidisé (12) dans lequel un seul rouleau de compression cylindrique (24) est présent et montrant l'angle α_1 .

Les flèches au niveau de la fibre indiquent le sens de défilement de la fibre.

La figure 3 présente décrit un mode de réalisation à un seul rouleau de compression, avec une cuve (30) comprenant un pistolet de projection (31) de poudre (32) dans laquelle un seul rouleau de compression cylindrique (33) est présent et montrant l'angle α''_1 .

Les flèches au niveau de la fibre indiquent le sens de défilement de la fibre.

La figure 4 présente un schéma d'un système de chauffage unique pour chauffage du matériau fibreux pré-imprégné et finalisation de l'imprégnation avec trois rouleaux pour la finalisation de l'imprégnation.

5 La figure 5 présente une photo prise au microscope optique d'une vue en coupe d'une mèche de fibre de carbone SGL 50K imprégnée par une poudre de polyamide PA BACT/10T de D50= 108 μ m (D90 = 198 μ m et D10 = 48,3 μ m) selon l'exemple 1 et décrit dans WO 2015/121583 (avant calandrage).

10 Le procédé selon WO 2015/121583 conduit à un matériau fibreux qui est trop épais (181 μ m) et manque d'homogénéité à plusieurs endroits de la mèche imprégnée ainsi qu'une porosité importante et une mauvaise répartition des fibres.

Le diamètre d'une fibre représente 7 μ m.

15 La figure 6 présente une photo prise au microscope optique d'une vue en coupe d'une mèche de fibre de carbone SGL 50K imprégnée par une poudre de polyamide PA BACT/10T (41/59 molaire) de D50 = 108 μ m (D90 = 198 μ m et D10 = 48,3 μ m) selon l'invention exemple 2 (avant calandrage).

Le diamètre d'une fibre représente 7 μ m.

Le feillard obtenu présente une épaisseur moyenne inférieure de 88 μ m avec un taux de fibres en volume de 55%.

20 La figure 7 présente un mode de réalisation (40) de la superposition de trois feillards (obtenus figure 6), mis en forme à 12,7 mm pour obtenir une nappe à 12,7 mm de largeur.

Ce mode de réalisation comprend le passage en parallèle de trois matériaux fibreux dans le deuxième système de chauffage puis superposition des trois feillards au niveau du premier embarrage cranté (41) (diamètre 13 mm, gorge 12,7 mm) hors infra rouge (45 (IR3)), puis deux embarrages non crantés (42) et (43) (diamètre 20 mm) et un embarrage cranté (44) (diamètre 25 13 mm, gorge 12,7 mm) sous IR (45) et des calandres chauffantes (46) montées en série équipées d'un IR de 1kW chacune et dont la puissance est modulable.

30 La figure 8 présente une photo prise au microscope optique d'une vue en coupe d'une mèche de fibre de carbone Toray (T700 12k 31E) imprégnée par une poudre de polyamide PA 11/BACT (33/67 molaire) de D50 = 108 μ m (D90 = 198 μ m et D10 = 48,3 μ m) selon l'invention exemple 2 (avant calandrage).

Le diamètre d'une fibre représente 7 μ m.

Le feillard obtenu présente une épaisseur moyenne inférieure de 63 μ m avec un taux de fibres en volume de 55%.

35 La figure 9 présente une photo prise au microscope optique d'une vue en coupe d'une mèche de fibre de carbone Toray (T700 12k 31E) imprégnée par une poudre de polyamide PA 6I/6T (45/55 molaire)

de $D_{50} = 136 \mu\text{m}$ ($D_{90} = 225 \mu\text{m}$ et $D_{10} = 75 \mu\text{m}$) selon l'invention exemple 3 (avant calandrage).

Le diamètre d'une fibre représente $7 \mu\text{m}$.

5 Le feillard obtenu présente une épaisseur moyenne inférieure de $63\mu\text{m}$ avec un taux de fibres en volume de 55%.

La figure 10 présente une photo prise au microscope optique d'une vue en coupe d'une mèche de fibre de carbone (fibre de carbone Toray T700 12k 31E) par une poudre de PA MPMDT/10T (41/59 molaire) de $D_{50} = 157 \mu\text{m}$ ($D_{90} = 301 \mu\text{m}$ et $D_{10} = 58 \mu\text{m}$).

selon l'invention exemple 4 (avant calandrage).

10 Le diamètre d'une fibre représente $7 \mu\text{m}$.

Le feillard obtenu présente une épaisseur moyenne inférieure de $63\mu\text{m}$ avec un taux de fibres en volume de 55%.

Exemple 1

15 **Préparation d'une nappe de largeur 12,7 mm et d'épaisseur 250 μm**

Matériau fibreux (fibre de carbone SGL, 50K) monocouche imprégné par du BACT/10T (41/59 molaire)

Le mode opératoire suivant a été effectué:

20 Quatre rouleaux cylindriques et fixes de diamètre 8 cm sont présents en amont de la cuve comprenant le lit fluidisé sur lesquels défile la mèche.

Les rouleaux sont distants de 54 cm (distance entre le l'axe central du premier rouleau et l'axe central du dernier rouleau)

Etape de pré-imprégnation par lit fluidisé

25 - Un rouleau de compression cylindrique R_1 dans la cuve ($L = 500 \text{ mm}$, $l = 500 \text{ mm}$, $H = 600 \text{ mm}$), diamètre 25 mm tel que représenté figure 2.

- Temps de séjour de 0,3 sec dans la poudre

- Angle α_1 de 25°

- $D_{50} = 108 \mu\text{m}$, ($D_{10} = 48,3 \mu\text{m}$, $D_{90} = 198\mu\text{m}$) pour la poudre de BACT/10T.

30 - bord de la cuve équipé d'un rouleau fixe.

Etape de chauffage du matériau fibreux pré-imprégné et finalisation de l'imprégnation.

Le système de chauffage utilisé est celui décrit dans la figure 4 mais avec huit rouleaux cylindriques R'_1 à R'_8 fixes de diamètre 8 mm.

La vitesse d'avancement de la mèche est de 10 m/min

L'infrarouge utilisé présente une puissance totale de 25 kW, la hauteur entre l'infrarouge et le rouleau supérieur est de 4 cm et la hauteur entre l'infrarouge et les rouleaux inférieurs est de 9 cm.

Les angles α'_1 à α'_8 sont identiques et de 25°.

5 La hauteur h est de 20 mm

La longueur l est de 1000 mm

Les huit rouleaux sont distants chacun de 43 mm.

La figure 6 présente le matériau fibreux imprégné obtenu (feuillard) qui présente une épaisseur de 88 μm .

10 Le matériau fibreux obtenu est un matériau monocouche qui présente une homogénéité d'imprégnation et une faible porosité avec une très bonne répartition des fibres.

Etape de superposition

La figure 7 détaille cette étape.

15 Trois feuillards obtenus dans l'étape précédente sont superposés au niveau d'un premier embarrage cranté (41) (diamètre 13 mm, gorge 12,7 mm) hors infra rouge (45 (IR3)), puis les trois feuillard superposés passent sur deux embarrages non crantés (42) et (43) (diamètre 20 mm) puis un embarrage cranté (44) (diamètre 13 mm, gorge 12,7 mm) sous IR (45) et enfin au travers de calendres chauffantes (46) montées en série équipées d'un IR de 1kW chacune. La nappe obtenue présente une largeur de 12, 7 mm et une épaisseur de 250 μm .

20

Exemple 2 : Préparation d'une nappe de largeur 12,4 mm et d'épaisseur 189 μm

Matériau fibreux (fibre de carbone Toray T700 12k 31E) monocouche imprégné par une poudre de PA 11/BACT (33/67 molaire) de D50 =114 μm , (D10 = 56 μm , D90 = 199 μm).

25 Le même mode opératoire que pour l'exemple 1 est utilisé pour la préparation des feuillards puis la superposition des feuillards. Les embarrages crantés présentent une gorge de 12,4 mm.

La nappe obtenue présente une largeur de 12,4 mm et une épaisseur de 189 μm pour un grammage de 194 g/m² de fibre de carbone.

Exemple 3 : Préparation d'une nappe de largeur 12,4 mm et d'épaisseur 189 μm

Matériau fibreux (fibre de carbone Toray T700 12k 31E) monocouche imprégné par une poudre de PA 6I/6T (45/55 molaire) de D50 = 136 μm (D90 = 225 μm et D10 = 75 μm).

30 Le même mode opératoire que pour l'exemple 1 est utilisé pour la préparation des feuillards puis la superposition des feuillards. Les embarrages crantés présentent une gorge de 12,4
35 mm.

La nappe obtenue présente une largeur de 12,4 mm et une épaisseur de 189 μ m pour un grammage de 194 g/m² de fibre de carbone.

Exemple 4 : Préparation d'une nappe de largeur 12,4 mm et d'épaisseur 189 μ m

5 **Matériau fibreux (fibre de carbone Toray T700 12k 31E) monocouche imprégné par une poudre de PA MPMDT/10T (41/59 molaire) de D50 = 157 μ m (D90 = 301 μ m et D10 = 58 μ m).**

10 Le même mode opératoire que pour l'exemple 1 est utilisé pour la préparation des feuillets puis la superposition des feuillets. Les embarrages crantés présentent une gorge de 12,4 mm.

La nappe obtenue présente une largeur de 12,4 mm et une épaisseur de 189 μ m pour un grammage de 194 g/m² de fibre de carbone.

REVENDEICATIONS

5 1. Nappe de matériau(x) fibreux imprégné(s) comprenant N rubans unitaires de
 matériau(x) fibreux superposés et/ou accolés, lesdits N rubans unitaires adhérant entre
 eux et étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, lesdits rubans
 unitaires de matériau(x) fibreux comprenant des fibres continues imprégnées d'au
 moins un polymère thermoplastique, et optionnellement un allongeur de chaîne,
 10 caractérisée en ce que ladite nappe présente une surface en coupe transverse
 perpendiculaire à l'axe des fibres, S, substantiellement égale à la somme de la surface,
 en coupe transverse perpendiculaire à l'axe des fibres, de chaque ruban unitaire initial,
 dénommée S_{th} , S_{th} étant égal à $N \times l \times E_p$, où l représente la largeur moyenne d'un
 ruban, E_p l'épaisseur moyenne d'un ruban, N étant compris de 2 à 2000, l'épaisseur
 15 moyenne de chaque ruban unitaire étant inférieure ou égale à $150\mu m$,
 préférentiellement inférieure ou égale à $100\mu m$, en particulier comprise de 10 à $100\mu m$.

2. Nappe de matériau(x) fibreux imprégné(s) selon la revendication 1, caractérisée en ce
 que ladite nappe comprend N_l rubans dans sa largeur et N_{ep} ruban dans son
 épaisseur, $N = \sum_{i=1}^{N_l} \sum_{j=1}^{N_{ep}} N_{ij}$ chaque ruban unitaire comprenant un nombre de
 20 fibres de carbone choisi parmi m x 12K fibres, n x 24K fibres, p x 48K, q x 50K fibres
 et w x 400K, m étant compris de 1 à 40, en particulier 1 à 4, n étant compris de 1 à 20,
 q étant compris de 1 à 10, p étant compris de 1 à 10, en particulier 1 et w est égal à 1.

3. Nappe de matériau fibreux imprégné selon la revendication 2, caractérisée en ce que
 25 l'épaisseur moyenne et la largeur moyenne des N rubans unitaires est identique,
 l'épaisseur moyenne de la nappe \bar{e} étant égale à $\overline{N_{ep}} \times e_r$, $\overline{N_{ep}}$ étant le nombre moyen
 de ruban dans l'épaisseur, e_r étant l'épaisseur moyenne de chaque ruban unitaire, et
 la largeur moyenne de la nappe \bar{l} étant égale à $\overline{N_l} \times l_r$, $\overline{N_l}$ étant le nombre moyen de
 rubans dans la largeur et l_r étant la largeur moyenne de chaque ruban unitaire.

30 4. Nappe de matériau fibreux imprégné selon la revendication 2, caractérisée en ce que
 l'épaisseur moyenne et la largeur moyenne des N rubans unitaires est identique,
 l'épaisseur moyenne de la nappe \bar{e} étant inférieure à $\overline{N_{ep}} \times e_r$, $\overline{N_{ep}}$ étant le nombre
 moyen de ruban dans l'épaisseur, e_r étant l'épaisseur moyenne de chaque ruban

unitaire et la largeur moyenne de la nappe \bar{l} étant inférieure à $\bar{Nl} \times l_r$, \bar{Nl} étant le nombre moyen de rubans dans la largeur et l_r étant la largeur moyenne de chaque ruban unitaire.

- 5 5. Nappe de matériau fibreux imprégné selon la revendication 2, caractérisée en ce que l'épaisseur moyenne et la largeur moyenne des N rubans unitaires est identique, l'épaisseur moyenne de la nappe \bar{e} étant supérieure à $\bar{Nep} \times e_r$, \bar{Nep} étant le nombre moyen de ruban dans l'épaisseur, e_r étant l'épaisseur moyenne de chaque ruban unitaire et la largeur moyenne de la nappe \bar{l} étant supérieure à $\bar{Nl} \times l_r$, \bar{Nl} étant le nombre moyen de rubans dans la largeur et l_r étant la largeur moyenne de chaque ruban unitaire.
- 10 6. Nappe de matériau fibreux imprégné selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisée en ce que les N rubans sont superposés, le nombre de ruban dans la largeur Nl étant égal à 1 et le nombre de rubans dans l'épaisseur Nep étant compris de 2 à 2000.
- 15 7. Nappe de matériau fibreux imprégné selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisée en ce que les N rubans sont accolés, le nombre de rubans dans l'épaisseur Nep étant égal à 1 et le nombre de ruban dans la largeur Nl étant compris de 2 à 2000.
- 20 8. Nappe de matériau fibreux imprégné selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisée en ce que les N rubans sont superposés et accolés.
- 25 9. Nappe de matériau fibreux imprégné selon la revendication 2, caractérisée en ce que l'épaisseur et/ou la largeur moyennes des N rubans unitaires est différente.
- 30 10. Nappe de matériau fibreux imprégné selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que l'épaisseur de ladite nappe constituée par lesdits N rubans superposés et/ou accolés est variable sur sa largeur.
11. Nappe de matériau fibreux imprégné selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que l'épaisseur de ladite nappe constituée par lesdits N rubans superposés et/ou accolés est constante sur toute sa largeur.

12. Nappe de matériau fibreux selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que le taux de fibres en volume est constant dans au moins 70% du volume de chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, notamment dans
5 au moins 80% du volume de chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, en particulier dans au moins 90% du volume de chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, plus particulièrement dans au
10 moins 95% du volume de chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement.
13. Nappe de matériau fibreux selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisée en ce
15 que le taux de fibres est compris de 45 à 65 % en volume, de préférence de 50 à 60% en volume, notamment de 54 à 60% pour chaque N rubans de matériau fibreux superposés et/ou accolés de ladite nappe, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement, de ladite nappe de matériau fibreux.
- 20 14. Nappe de matériau fibreux imprégné selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisée en ce le taux de porosité de ladite nappe de matériau fibreux imprégné est inférieur à 10%, notamment inférieur à 5%, en particulier inférieur à 2%.
- 25 15. Nappe de matériau fibreux imprégné selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisée en ce que lesdits rubans de matériau fibreux sont dépourvus d'allongeur de chaîne, et ledit au moins un polymère thermoplastique est un polymère amorphe non réactif dont la température de transition vitreuse est telle que $T_g \geq 80^\circ\text{C}$, notamment $T_g \geq 100^\circ\text{C}$, en particulier $\geq 120^\circ\text{C}$, notamment $\geq 140^\circ\text{C}$, ou un polymère semi-cristallin non réactif dont la température de fusion $T_f \geq 150^\circ\text{C}$.
- 30 16. Nappe de matériau fibreux imprégné selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisée en ce que ledit au moins un polymère thermoplastique est un prépolymère thermoplastique réactif partiellement polymérisé, optionnellement avec un allongeur de chaîne, et présente une masse moléculaire moyenne en nombre (M_n) allant de 500 à
35 10000, de préférence de 4000 à 8000.

17. Nappe de matériau fibreux selon la revendication 16, caractérisée en ce que ledit au moins un prépolymère thermoplastique réactif partiellement polymérisé comprend, au moins un prépolymère réactif porteur sur la même chaîne de deux fonctions terminales X' et Y', fonctions respectivement coréactives entre elles par condensation, avec X' et Y' étant amine et carboxy ou carboxy et amine respectivement.
18. Nappe de matériau fibreux selon la revendication 16, caractérisée en ce que ledit au moins un prépolymère thermoplastique réactif partiellement polymérisé comprend au moins deux prépolymères polyamides réactifs entre eux et porteurs chacun respectivement de deux fonctions terminales identiques X' ou Y', ladite fonction X' d'un prépolymère pouvant réagir seulement avec ladite fonction Y' de l'autre prépolymère, en particulier par condensation, plus particulièrement avec X' et Y' étant amine et carboxy ou carboxy et amine respectivement.
19. Nappe de matériau fibreux selon la revendication 16, caractérisée en ce que ledit au moins prépolymère thermoplastique réactif partiellement polymérisé avec ledit allongeur de chaîne comprend:
- a1) au moins un prépolymère thermoplastique réactif, porteur de n fonctions réactives terminales X, choisies parmi : $-NH_2$, $-CO_2H$ et $-OH$, de préférence NH_2 et $-CO_2H$ avec n étant 1 à 3, de préférence de 1 à 2, plus préférentiellement 1 ou 2, plus particulièrement 2,
- a2) au moins un allongeur de chaîne $Y-A'-Y$, avec A' étant un biradical hydrocarboné, porteur de 2 fonctions réactives terminales Y identiques, réactives par polyaddition avec au moins une fonction X dudit prépolymère a1), de préférence de masse moléculaire inférieure à 500, plus préférentiellement inférieure à 400, en particulier, Y est choisi parmi: oxazine, oxazoline, oxazolinone, oxazinone, imidazoline, époxy, isocyanate, maléimide, anhydride cyclique, notamment oxazine, oxazoline, oxazolinone, oxazinone, imidazoline, époxy, maléimide, anhydride cyclique et préférentiellement X est CO_2H et Y est choisi parmi un epoxy et une oxazoline.
20. Nappe de matériau fibreux selon l'une des revendications 1 à 19, caractérisée en ce que lesdits N ruban(s) de matériau fibreux sont constitués du même ou des mêmes au moins un polymère thermoplastique.
21. Nappe de matériau fibreux selon l'une des revendications 1 à 20, caractérisée en ce que ledit au moins un polymère thermoplastique est sélectionné parmi : les polyaryl

- 5
10
15
20
25
30
35
- éther cétones (PAEK), en particulier le poly(éther éther cétone) (PEEK) ; les polyaryl éther cétone cétone (PAEKK), en particulier le poly(éther cétone cétone) (PEKK) ; les polyéther-imides (PEI) aromatiques ; les polyaryl sulfones, en particulier les polyphénylène sulfones (PPSU) ; les polyarylsulfures, en particulier les polyphénylène sulfures (PPS) ; les polyamides (PA), en particulier polyamides semi-aromatiques (polyphthalamides) éventuellement modifiées par unités urées ; les PEBA, les polyacrylates en particulier le polyméthacrylate de méthyle (PMMA) ; les polyoléfines, en particulier le polypropylène, l'acide polylactique (PLA), l'alcool polyvinylique (PVA), et les polymères fluorés en particulier le polyfluorure de vinylidène (PVDF) ou le polytetrafluoroéthylène (PTFE) ou le polychlorotrifluoroéthylène (PCTFE); et leurs mélanges, notamment un mélange de PEKK et de PEI, de préférence de 90-10% en poids à 60-40% en poids, en particulier de 90-10% en poids à 70-30% en poids.
22. Nappe de matériau fibreux selon l'une des revendications 1 à 21, caractérisée en ce que ledit au moins un polymère thermoplastique est sélectionné parmi les polyamides, le PEKK, le PEI et un mélange PEKK et de PEI.
23. Nappe de matériau fibreux selon la revendication 22, caractérisée en ce que ledit polyamide est choisi parmi les polyamides aliphatiques, les polyamides cycloaliphatiques et les polyamides semi-aromatiques (polyphthalamides).
24. Nappe de matériau fibreux selon la revendication 23, caractérisée en ce que ledit polyamide aliphatique est choisi parmi le polyamide 6 (PA-6), le polyamide 11 (PA-11), le polyamide 12 (PA-12), le polyamide 66 (PA-66), le polyamide 46 (PA-46), le polyamide 610 (PA-610), le polyamide 612 (PA-612), le polyamide 1010 (PA-1010), le polyamide 1012 (PA-1012), le polyamide 11/1010, le polyamide 12/1010, ou un mélange de ceux-ci ou un copolyamide de ceux-ci, et les copolymères blocs, notamment polyamide/polyéther (PEBA), et ledit polyamide semi-aromatique est un polyamide semi-aromatique, éventuellement modifié par des unités urées notamment un MXD6 et un MXD10 ou un polyamide semi-aromatique de formule X/YAr, notamment un polyamide semi-aromatique de formule A/XT dans laquelle A est choisi parmi un motif obtenu à partir d'un aminoacide, un motif obtenu à partir d'un lactame et un motif répondant à la formule (diamine en Ca).(diacide en Cb), avec a représentant le nombre d'atomes de carbone de la diamine et b représentant le nombre d'atome de carbone du diacide, a et b étant chacun compris entre 4 et 36, avantageusement entre 9 et 18, le motif (diamine en Ca) étant choisi parmi les diamines aliphatiques, linéaires

ou ramifiés, les diamines cycloaliphatiques et les diamines alkylaromatiques et le motif (diacide en Cb) étant choisi parmi les diacides aliphatiques, linéaires ou ramifiés, les diacides cycloaliphatiques et les diacides aromatiques;

5 X.T désigne un motif obtenu à partir de la polycondensation d'une diamine en Cx et de l'acide téréphtalique, avec x représentant le nombre d'atomes de carbone de la diamine en Cx, x étant compris entre 6 et 36, avantageusement entre 9 et 18, notamment un polyamide de formule A/6T, A/9T, A/10T ou A/11T, A étant tel que défini ci-dessus, en particulier un polyamide PA 6/6T, un PA 66/6T, un PA 6I/6T, un PA 11/BACT, un PA MPMDT/6T, un PA PA11/10T, un PA 11/6T/10T, un PA MXDT/10, un PA MPMDT/10T, un PA BACT/10T, un PA BACT/6T, un PA 11/BACT, un PA BACT/10T/6T, un PA MPMDT/6T, un PA PA11/10T, un PA 11/6T/10T, un PA MXDT/10T, un PA MPMDT/10T, un PA BACT/10T, un PA BACT/6T, PA BACT/10T/6T, un PA 11/BACT/6T, PA 11/MPMDT/10T, PA 11/ BACT/10T, un PA 11/MXDT/10T.

15 25. Nappe de matériau fibreux selon l'une des revendications 1 à 24, caractérisée en ce que ledit polyamide est un polyamide semi-aromatique choisi parmi un PA MPMDT/6T, un PA PA11/10T, un PA 11/6T/10T, PA 11/BACT, un PA MXDT/10T, un PA MPMDT/10T, un PA BACT/10T, un PA BACT/6T, PA BACT/10T/6T, un PA 11/BACT/6T, PA 11/MPMDT/10T, PA 11/ BACT/10T, un PA 11/MXDT/10T.

20 26. Nappe de matériau fibreux selon l'une des revendications 1 à 25, caractérisée en ce que ledit matériau fibreux comprend des fibres continues sélectionnées parmi les fibres de carbone, de verre, de carbure de silicium, de basalte ou à base de basalte, de silice, les fibres naturelles en particulier de lin ou de chanvre, de lignine, de bambou, de sisal, de soie, ou cellulosiques en particulier de viscose, ou les fibres thermoplastiques amorphes de température de transition vitreuse Tg supérieure à la Tg dudit polymère ou dudit mélange de polymères lorsque ce dernier est amorphe ou supérieure à la Tf dudit polymère ou dudit mélange de polymères lorsque ce dernier est semi-cristallin, ou les fibres thermoplastiques semi-cristallines de température de fusion Tf supérieure à la Tg dudit polymère ou dudit mélange de polymères lorsque ce dernier est amorphe ou supérieure à la Tf dudit polymère ou dudit mélange de polymères lorsque ce dernier est semi-cristallin, ou un mélange de deux ou de plusieurs desdites fibres, de préférence un mélange de fibres de carbone, de verre ou de carbure de silicium, en particulier des fibres de carbone.

35

27. Nappe de matériau fibreux selon l'une des revendications 1 à 26, caractérisée en ce que ledit polymère thermoplastique comprend en outre des charges carbonées, en particulier du noir de carbone ou des nanocharges carbonées, de préférence choisies parmi des graphènes, des nanotubes de carbone, des nanofibrilles de carbone ou leurs mélanges.
28. Nappe de matériau fibreux selon l'une des revendications 1 à 27, caractérisée en ce que le dit prépolymère thermoplastique comprend en outre des polymères à cristaux liquides ou du poly(butylène téréphtalate) cyclisé, ou des mélanges contenant lesdits polymères à cristaux liquides ou ledit poly(butylène téréphtalate) cyclisé en tant qu'additifs.
29. Nappe de matériau fibreux selon l'une des revendications 3 à 28, caractérisée en ce qu'elle est constituée de Nep rubans superposés et NI rubans accolés, le nombre de rubans dans l'épaisseur Nep_j étant compris de 1 à 4 et le nombre de ruban dans la largeur NI étant compris de 1 à 94, en particulier l'épaisseur moyenne est constante sur toute la largeur de ladite nappe.
30. Nappe de matériau fibreux selon la revendication 29, caractérisée en ce que le nombre de rubans dans l'épaisseur Nep est choisi parmi 2 et 4 et le nombre de ruban dans la largeur NI = 1.
31. Nappe de matériau fibreux selon la revendication 29, caractérisée en ce que le nombre de rubans dans l'épaisseur Nep = 1 et le nombre de ruban dans la largeur NI est choisi parmi 24 et 32.
32. Nappe de matériau fibreux selon la revendication 29, caractérisée en ce que le nombre de rubans dans l'épaisseur Nep = 2 et le nombre de ruban dans la largeur NI est choisi parmi 46, 62 et 92.
- Nappe de matériau fibreux selon l'une des revendications 1 à 32, caractérisée en ce que la nappe présente une dimension de surface en coupe transverse représentée par respectivement une largeur moyenne et une épaisseur moyenne choisie parmi: 300 mm x 2 mm ; 200 mm x 2 mm, 150 mm x 2 mm ; 100 mm x 2 mm ; 596,9 x 1mm ; 393,7mm x 1mm ; 292 mm x 1 mm ; 200 mm x 1 mm ; 150 mm x 1 mm ; 100 mm x 1 mm ; 15 mm X 0,25 mm,

15 mm x 0.225 mm, 14 mm x 0.265 mm, 14 mm x 0.240mm, 12,7 mm x 0,265 mm, 12,7 mm x 0,189 mm, 596,9 mm x 0,12 mm ; 393,7 mm x 0,12mm ; 292,1mm x 0,12mm.

33.

5 34. Utilisation d'une nappe de matériau fibreux telle que définie dans l'une des revendications 1 à 33, pour la fabrication de pièces composites en trois dimensions, par dépose automatique desdites nappes au moyen d'un robot.

10 35. Utilisation selon la revendication 34, caractérisée en ce que ladite fabrication desdites pièces composites concerne les domaines des transports, en particulier automobile, du pétrole et du gaz, en particulier l'offshore, du stockage de gaz, aéronautique, nautique, ferroviaire ; des énergies renouvelables, en particulier éolienne, hydrolienne, les dispositifs de stockage d'énergie, les panneaux solaires ; des panneaux de protection thermique ; des sports et loisirs, de la santé et du médical et de l'électronique.

15

36. Pièce composite en trois dimensions, caractérisée en ce qu'elle résulte de l'utilisation d'au moins une nappe de matériau fibreux imprégné telle que définie selon l'une des revendications 1 à 33.

20

37. Procédé de préparation d'une nappe de matériau fibreux telle que définie dans l'une des revendications 1 à 33, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de superposition et/ou d'accolement desdits rubans de matériau fibreux tels que définis dans la revendication 1, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement.

25

38. Procédé selon la revendication 37, caractérisé en ce que l'étape de superposition et/ou d'accolement est effectuée par au moins l'un des systèmes suivants :

30

1) chauffage dudit ruban par au moins un système de chauffage puis passage dudit ruban sur au moins un embarrage muni d'un système de chauffage puis passage sur une calandre chauffante,

2) passage dudit ruban sur au moins un embarrage muni d'un système de chauffage puis passage sur une calandre chauffante,

3) chauffage dudit ruban par au moins un système de chauffage puis passage sur une calandre chauffante,

35

4) chauffage dudit ruban par au moins un système de chauffage puis passage en filière chaude et passage sur une calandre chauffante.

39. Procédé selon la revendication 37 ou 38, caractérisé en ce qu'il comprend de plus une étape préalable de chauffage d'un matériau fibreux pré-imprégné de polymère thermoplastique et optionnellement un allongeur de chaîne, et de finalisation de l'imprégnation pour obtenir un matériau fibreux imprégné constitué d'un ruban sous forme de feillard présentant une épaisseur moyenne inférieure ou égale à 100µm, en particulier comprise de 10µm à 100µm, et optionnellement une étape de mise en forme et de calibration de la mèche ou desdites mèches parallèles dudit matériau fibreux imprégné pour obtenir un matériau fibreux imprégné constitué d'un ruban sous forme de tape mince présentant une épaisseur moyenne inférieure ou égale à 100µm, en particulier comprise de 10µm à 100µm.
40. Procédé selon l'une des revendications 37 à 39, caractérisé en ce qu'il comprend de plus une étape préalable de pré-imprégnation d'un matériau fibreux notamment par dépôt de poudre, par voie fondue, notamment par pultrusion, par extrusion en tête d'équerre de polymère thermoplastique fondu et optionnellement un allongeur de chaîne, par passage en continu des fibres dans une dispersion aqueuse de poudre de polymère thermoplastique et optionnellement un allongeur de chaîne, ou dispersion aqueuse de particules de polymère thermoplastique et optionnellement un allongeur de chaîne, ou émulsion ou suspension aqueuse de polymère thermoplastique, par lit fluidisé, équipé ou non d'au moins un embarrage (E'), par projection par buse ou pistolet par voie sèche dans une cuve, équipée ou non d'au moins un embarrage (E') pour obtenir un matériau fibreux pré-imprégné.
41. Procédé selon l'une des revendications 37 à 40, caractérisé en ce qu'il comprend de plus une étape de conformation de la nappe au moyen d'au moins une calandre crantée éventuellement chauffante.
42. Procédé selon l'une des revendications 37 à 41, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- i) Pré-imprégnation d'un matériau fibreux notamment par dépôt de poudre, par voie fondue, notamment par pultrusion, par extrusion en tête d'équerre de polymère fondu, par passage en continu des fibres dans une dispersion aqueuse de poudre polymère ou dispersion aqueuse de particules de polymère ou émulsion ou suspension aqueuse de polymère, par lit fluidisé, équipé ou non d'au moins un embarrage (E'), par projection par buse ou pistolet par voie sèche

dans une cuve, équipée ou non d'au moins un embarrage (E') pour obtenir un matériau fibreux pré-imprégné,

5 ii) étape de chauffage dudit matériau fibreux pré-imprégné et de finalisation de l'imprégnation pour obtenir un matériau fibreux imprégné constitué d'un ruban sous forme de feillard présentant une épaisseur moyenne inférieure ou égale à 100µm, en particulier comprise de 10µm à 100µm,

10 iii) optionnellement étape de mise en forme et de calibration de la mèche ou desdites mèches parallèles dudit matériau fibreux imprégné pour obtenir un matériau fibreux imprégné constitué d'un ruban sous forme de tape mince présentant une épaisseur moyenne inférieure ou égale à 100µm, en particulier comprise de 10µm à 100µm.

iv) superposition et/ou accolement de N rubans de matériaux fibreux sous forme de feillard ou tape mince, lesdits N rubans étant susceptibles de se chevaucher au moins partiellement,

15 v) conformation de la nappe au moyen d'au moins une calandre crantée éventuellement chauffante.

20 43. Procédé selon l'une des revendications 37 à 42, caractérisé en ce qu'il est effectué à une vitesse d'au moins 10m/min, notamment d'au moins 20m/min, préférentiellement d'au moins 30m/min.

44. Procédé selon l'une des revendications 37 à 42, caractérisé en ce qu'il est effectué à une vitesse d'au moins 10m/min, notamment d'au moins 20m/min, préférentiellement d'au moins 30m/min.

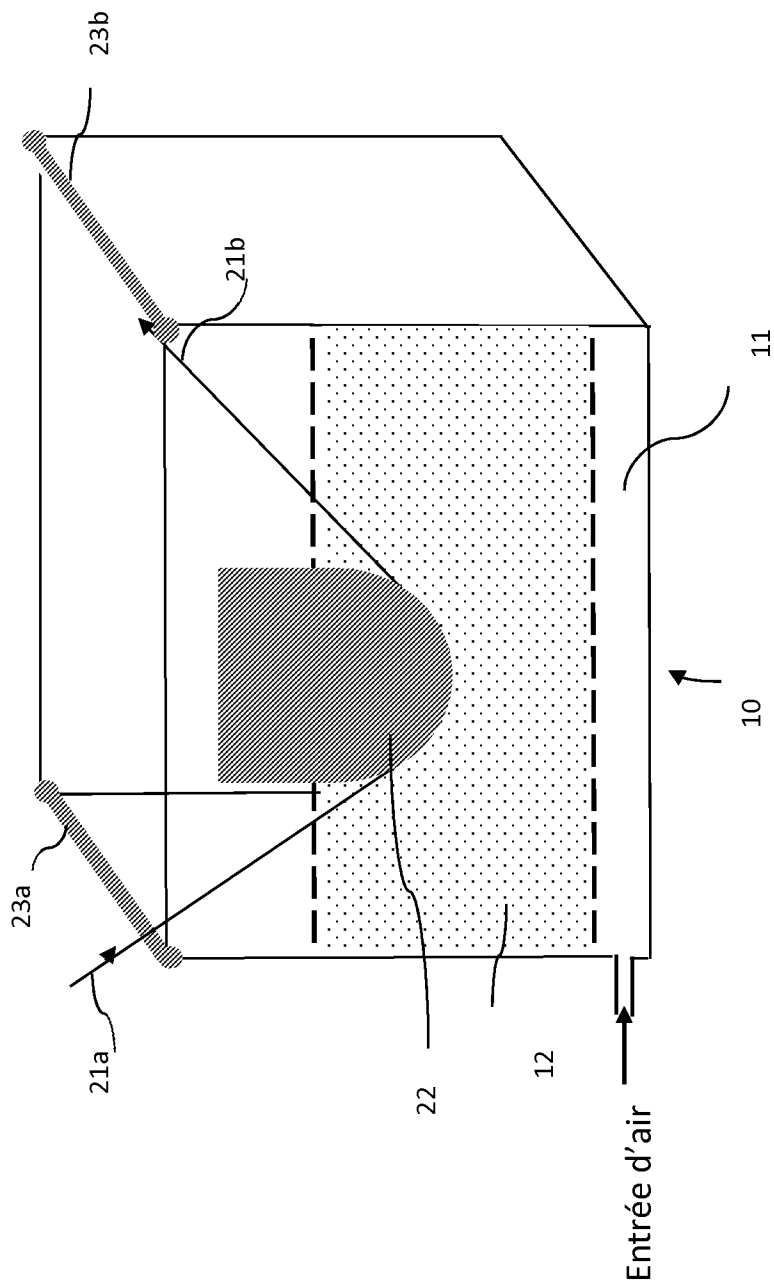


FIG.1

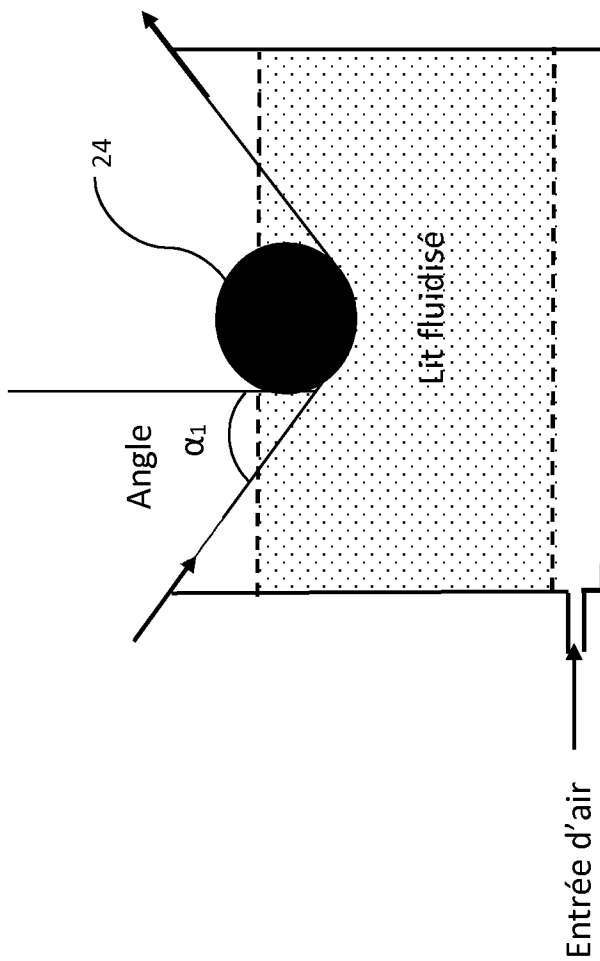


FIG.2

3 / 10

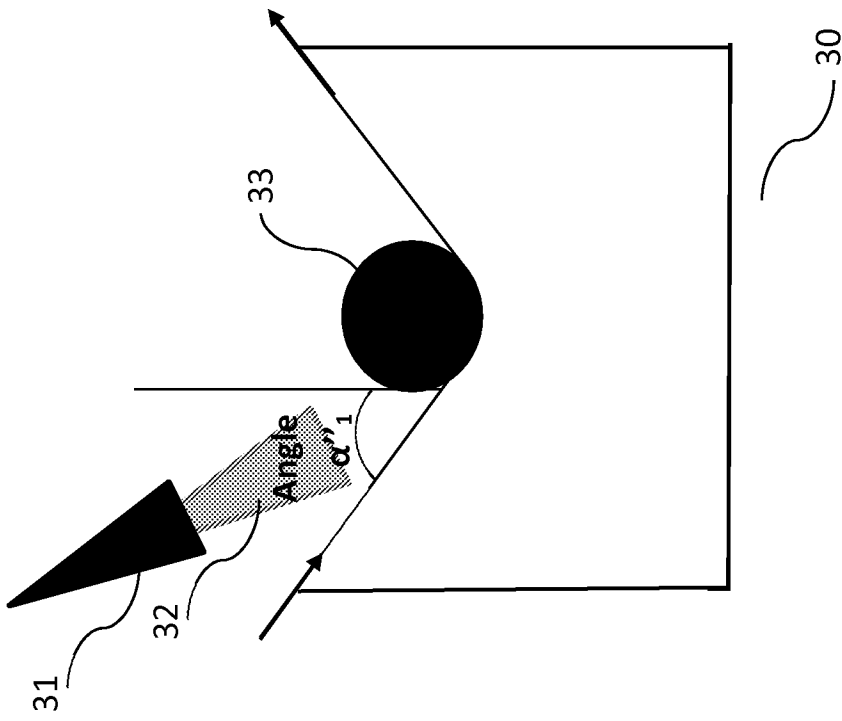


FIG.3

Lampe IR OU MICRO-ONDE OU
Hautes fréquences OU LASER

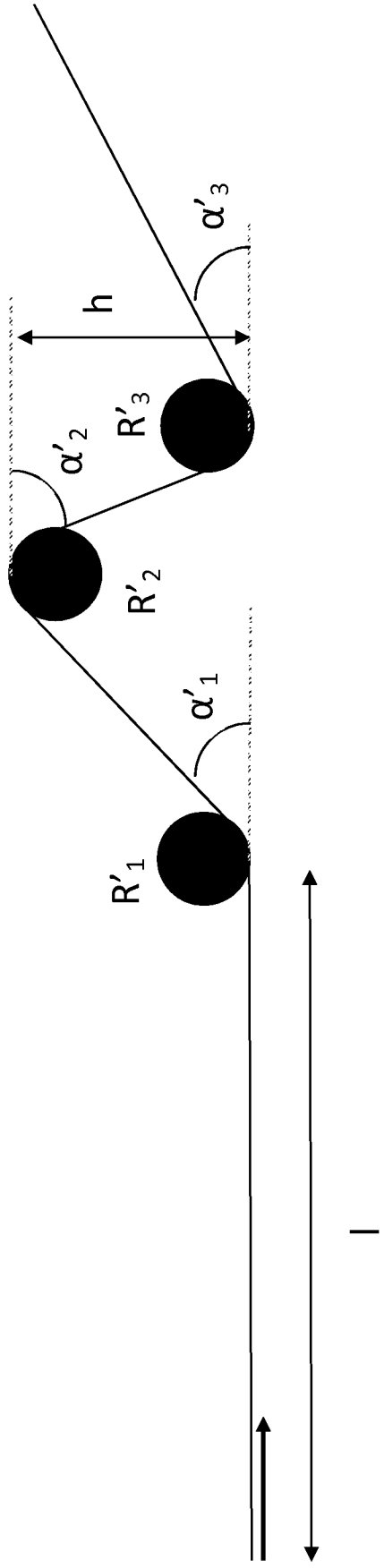


FIG.4

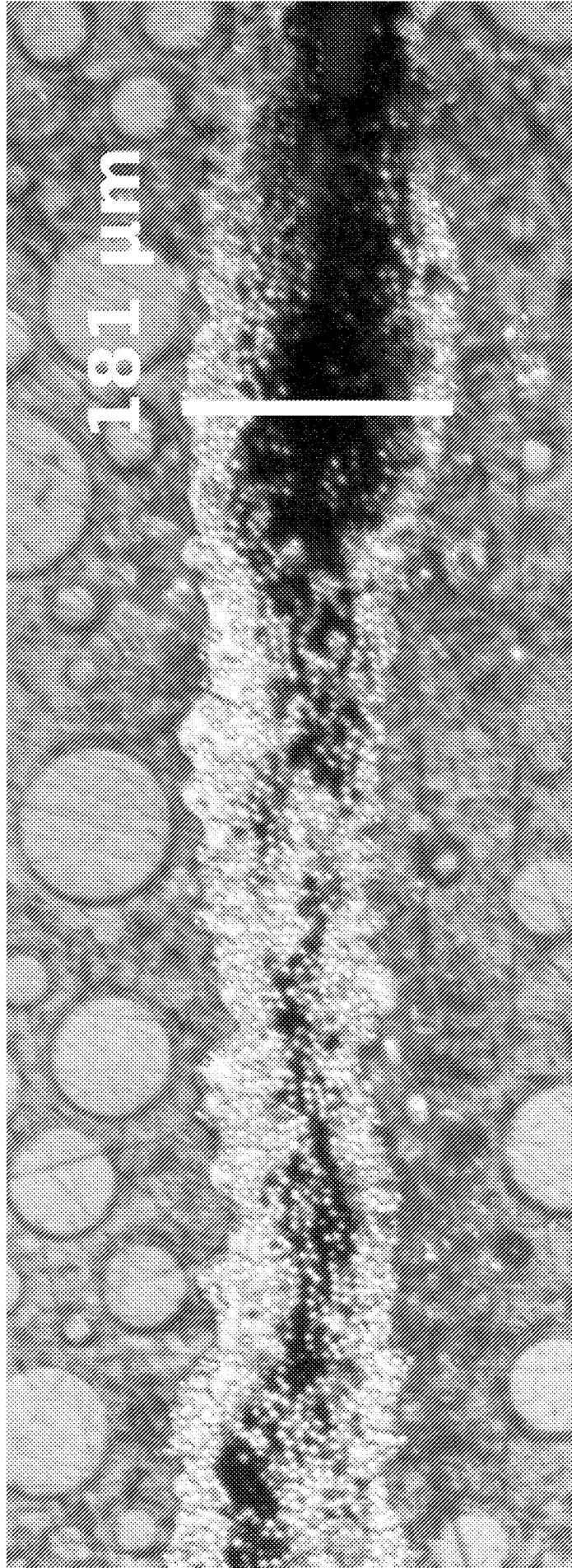


FIG.5

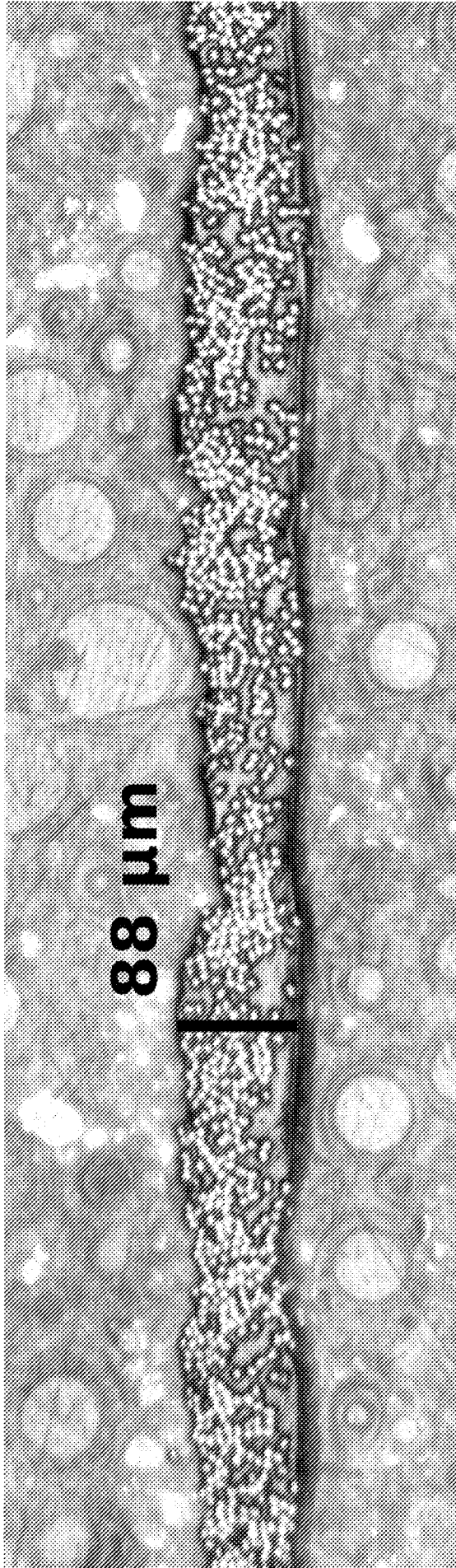


Fig.6

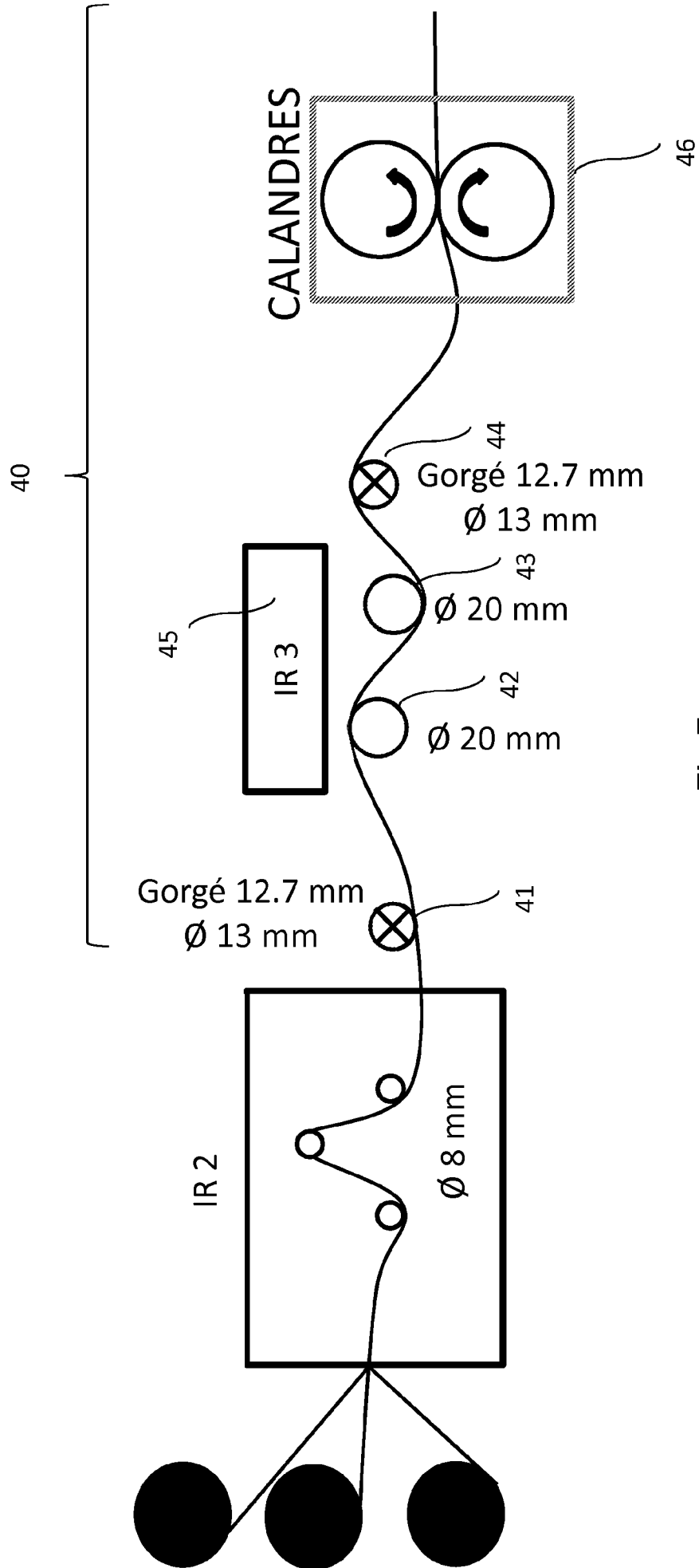


Fig.7

8 / 10

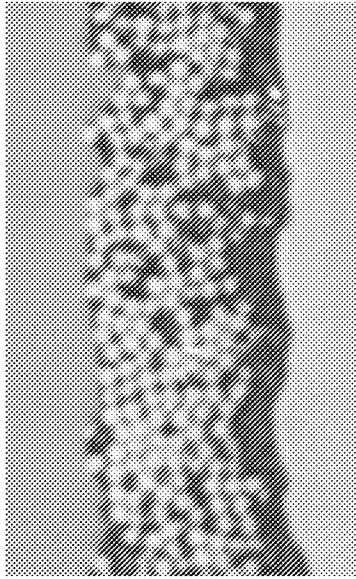


Fig.8

9 / 10

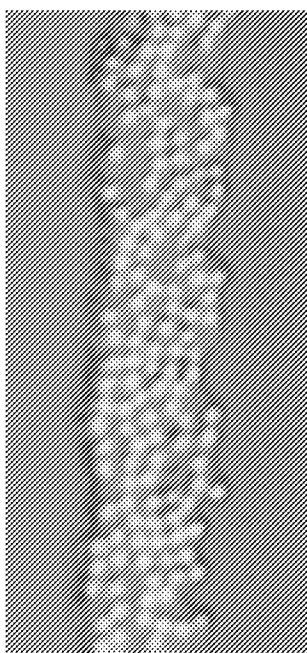


Fig.9

10 / 10

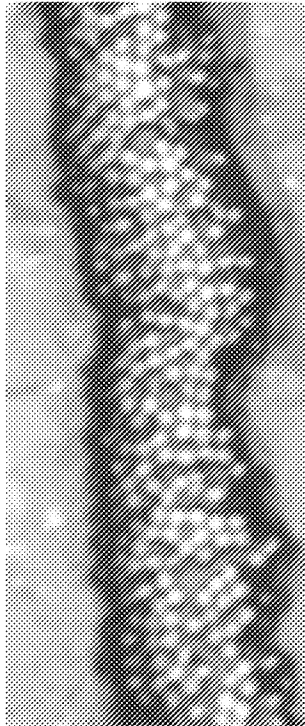


Fig.10