

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :

2 928 295

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

②1 N° d'enregistrement national :

08 01260

⑤1 Int Cl⁸ : **B 29 C 70/44** (2006.01), B 29 C 70/46 // B 29 L 31:30

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 07.03.08.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 11.09.09 Bulletin 09/37.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *DUQUEINE RHONE ALPES* — FR.

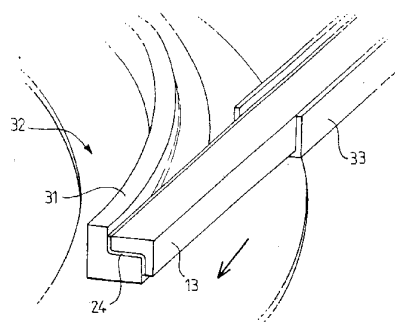
⑦2 Inventeur(s) : *DUQUEINE GILLES* et *AUBRY JEROME*.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : *GERMAIN ET MAUREAU*.

⑤4 **PROCEDE ET DISPOSITIF DE MOULAGE D'UNE PIECE COURBE EN MATERIAU COMPOSITE, ET PIECE CORRESPONDANTE.**

⑤7 Il s'agit d'un procédé, d'un dispositif et d'une pièce de moulage courbe en matériau composite. A partir d'au moins une bande (24) composite formée d'au moins deux nappes (3, 4, 5) en fibres de renfort unidirectionnelles pré imprégnées de résine et pré compactées l'une avec l'autre, on applique longitudinalement la bande sur un mandrin (13) souple en silicone, par compactage sous vide pour lui donner la forme déterminée du mandrin, on dépose la bande (24) ainsi obtenue sur un outillage métallique (31) chauffé présentant en courbe la forme complémentaire du mandrin et formant le noyau (32) d'un moule (26) de mise en pression et température, on retire le mandrin souple puis on met en pression et en température le moule pour polymérisation, et on extrait la pièce après refroidissement.



FR 2 928 295 - A1



**PROCEDE ET DISPOSITIF DE MOULAGE D'UNE PIECE COURBE
EN MATERIAU COMPOSITE, ET PIECE CORRESPONDANTE**

La présente invention concerne un procédé de
5 moulage d'une pièce courbe en matériau composite,
notamment d'une pièce présentant une section
transversale formant un angle, par exemple en forme
de Ω , de U, de Z, de C ou de V.

Elle concerne également un dispositif de moulage
10 d'une telle pièce présentant un rayon de courbure non
nul, ainsi que les pièces courbes correspondantes.

Elle trouve une application particulièrement
importante bien que non exclusive dans le domaine des
profils en matériaux composites utilisés dans
15 l'aéronautique, pour la réalisation de pièces de
série par exemple pour carlingues d'avion.

Mais elle peut être également utilisée dans
d'autres domaines nécessitant une bonne résistance
aux efforts notamment dans tous domaines industriels
20 et/ou dans celui du sport.

On connaît déjà des procédés et dispositifs de
fabrication de profil courbe en matériau composite.

Ils sont obtenus par drapage progressif de tissus
imprégnés à la main et/ou en cas de construction
25 d'éléments de série, par un drapage fil à fil par
robots permettant de placer les fils de façon
précise, afin d'optimiser les caractéristiques de
modules d'élasticité et de résistance.

De telles solutions présentent des inconvénients.

30 Elles nécessitent des automates, spécifiques et
complexes, c'est à dire des investissements onéreux,
et cela pour une productivité faible du fait de

cadences nécessairement réduites seules autorisées par de tels dispositifs.

L'homogénéité relativement mauvaise dans l'ouverture en éventail des fibres utilisées entraîne
5 par ailleurs des performances mécaniques médiocres.

La présente invention vise à fournir un procédé, un dispositif et des pièces répondant mieux que ceux antérieurement connus aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'elle autorise l'obtention de
10 telles pièces en matériau composite présentant des modules et une résistance exceptionnelle à partir d'un drapage homogène, sans coût excessif, l'excellent résultat au niveau du drapage autorisant l'amélioration des performances mécaniques du produit
15 final en le rendant plus homogène et ce, de façon répétitive et simple à mettre en œuvre.

Dans ce but la présente invention propose essentiellement un procédé de moulage d'une pièce courbe en matériau composite, caractérisé en ce que,
20 à partir d'au moins une bande composite s'étendant le long d'un axe longitudinal formée d'au moins deux nappes en fibres de renfort unidirectionnelles disposées selon des orientations différentes de l'axe longitudinal, les nappes étant pré imprégnées de résine et pré compactées l'une avec l'autre à une
25 pression et une température déterminées,

on applique longitudinalement la bande sur un mandrin souple en silicone, par compactage sous vide à une deuxième température, pour lui donner la forme
30 déterminée du mandrin,

on dépose ladite bande ainsi obtenue sur un outillage métallique chauffé présentant en courbe la forme complémentaire du mandrin et formant le noyau

d'un moule de mise en pression et température, pour donner à la bande la forme de la pièce courbe recherchée, en enroulant le mandrin souple au fur et à mesure,

5 on retire le mandrin souple une fois la bande déposée en totalité,

puis on met en pression et en température le moule sur l'ensemble ainsi obtenu pour polymérisation,

et on extrait la pièce ainsi formée après
10 refroidissement.

Avantageusement la pièce présente une section transversale formant un angle.

Par mandrin souple, on entend un mandrin déformable entre une position rectiligne et une
15 position courbe, mais de section transversale rigide ou sensiblement rigide permettant d'obtenir la forme de la pièce en section transversale.

Dans des modes de réalisation avantageux on a de plus recours à l'une et/ou à l'autre des dispositions
20 suivantes :

- les fibres unidirectionnelles d'au moins deux des nappes sont symétriques par rapport à l'axe de la bande ;

- on forme la bande composite à partir de trois
25 nappes superposées et agglomérées par compactage l'une à l'autre, les fibres parallèles de chacune des nappes formant un angle avec l'axe de la bande respectivement de valeur $90^\circ - a^\circ$, 90° , $90^\circ + a^\circ$, a variant par exemple de 10° à 80° .

30 Dans d'autres variantes, les angles peuvent être de $90^\circ - a$ / $90^\circ + b$ / $90^\circ + a$ / $90^\circ + b$, symétriques ou non autour de 90° , ou encore des angles d'autres valeurs imposées par la recherche de la meilleure résistance

et/ou d'une élasticité spécifique, en fonction des contraintes prévues sur la pièce ;

- la pièce étant réalisée à partir d'au moins deux bandes composites en fibres de renfort, à savoir une première bande et une deuxième bande, formées respectivement sur un premier mandrin souple en silicone et sur un deuxième mandrin souple en silicone, et après dépose de la première bande sur ledit outillage et retrait du premier mandrin en silicone, on dépose la deuxième bande sur la première bande en enroulant à son tour le deuxième mandrin souple au fur et à mesure, avant de retirer le deuxième mandrin,

puis on met en pression et température pour moulage de la pièce courbe en matériau composite ainsi formée par le sandwich de ces deux bandes.

Le deuxième mandrin est identique au premier mandrin et/ou de forme telle que la deuxième bande vienne s'appliquer comme souhaité sur la première bande, après démoulage dudit deuxième mandrin.

- on intercale entre deux bandes et/ou on superpose sur une bande, au moins un ruban de renfort comportant des fibres unidirectionnelles parallèles à l'axe longitudinal de la bande ;

- les fibres sont en carbone et la résine une résine époxy ;

- les mandrins sont obtenus à partir de matrice de section transversale en forme de Ω découpée en deux dans le plan de symétrie pour obtenir une section en forme de Z de la bande concernée. Dans le mode le plus habituel de réalisation, les angles entre les branches du Z sont droits.

- on réalise au moins trois couches successives desdites bandes composites.

L'invention propose également un dispositif de moulage d'un profil en matériau composite présentant
5 un rayon de courbure non nul à partir d'au moins une bande composite s'étendant le long d'un axe longitudinal, caractérisé en ce que, la bande étant formée par l'empilage d'au moins deux nappes en fibres de renfort disposées selon des orientations
10 différentes de l'axe longitudinal, les nappes étant pré imprégnées de résine et pré compactées l'une avec l'autre à une pression et une température déterminées, le dispositif comporte

au moins un premier mandrin souple en silicone,
15 des moyens de compactage sous vide à une première température, de ladite bande sur le premier mandrin pour lui donner la forme déterminée dudit mandrin,

un outillage métallique chauffé présentant en courbe la forme complémentaire du premier mandrin et
20 formant le noyau d'un moule de mise en pression, agencé pour donner à ladite bande la forme de la pièce courbe recherchée,

des moyens de guidage et de présentation des ensemble mandrin et bande de forme complémentaire
25 agencé pour déposer ladite bande en écartant les mandrins souples au fur et à mesure de la mise en forme de la première bande autour de l'outillage

des moyens de mise en pression et en température du moule sur l'ensemble ainsi obtenu pour
30 polymérisation,

et des moyens de refroidissement avant extraction de la pièce ainsi formée après refroidissement.

Avantageusement la pièce étant réalisée à partir d'au moins deux bandes composites en fibres de renfort, à savoir une première bande et une deuxième bande, il comporte de plus un deuxième mandrin souple
5 en silicone pour former la deuxième bande, et des moyens de dépose de la deuxième bande sur la première après retrait du premier mandrin en silicone.

Le deuxième mandrin est alors de forme complémentaire de celle de la deuxième bande, elle-
10 même agencée pour s'emboîter sur la première bande, dont elle a la forme ici encore complémentaire, les deux bandes étant en contact l'une avec l'autre tout du long directement ou indirectement.

Egalement avantageusement le dispositif comporte
15 de plus ces moyens de dépose sur une bande, d'au moins un ruban comportant des fibres de renfort unidirectionnelles.

Dans d'autre mode de réalisation avantageux, on a recours aux dispositions suivantes :

20 - le dispositif comporte de plus des moyens de formation des bandes composites par superposition d'une troisième nappe sur les deux premières et d'application progressive de ladite troisième nappe pour l'agglomérer par compactage avec les autres, les
25 fibres parallèles de chacune des dites nappes formant des angles entre elles respectivement de valeur $90^\circ - a^\circ$, 90° , $90^\circ + a^\circ$, avantageusement avec $10^\circ < a < 80^\circ$, par exemple $a = 30^\circ$;

- l'outillage est de forme circulaire formant un
30 carrousel mobile en rotation permettant la dépose successive des différents bande(s) et ruban(s) de renfort ;

- les moyens de guidage et de présentation des ensembles mandrin et bande de forme complémentaire comprennent des goulottes rectilignes ;

- les mandrins sont obtenus à partir de matrices
5 de section transversale en forme de Ω découpées en deux dans le plan de symétrie pour obtenir une section en forme de Z de la bande concernée ;

- les mandrins sont obtenus à partir de matrices de sections transversales en forme de U découpées en
10 deux dans le plan de symétrie pour obtenir une section en forme de L de la bande concernée.

L'invention propose également une pièce réalisée selon le procédé décrit ci-avant.

Elle concerne aussi une pièce en matériau
15 composite présentant une configuration ayant une première partie présentant un rayon de courbure non nul, comprenant au moins une bande composite s'étendant le long d'un axe longitudinal,

caractérisé en ce que, la bande est formée par
20 l'empilage d'au moins deux nappes en fibres de renfort unidirectionnelles disposées selon des orientations différentes de celle de l'axe longitudinal de la bande et entre elles, les nappes étant pré imprégnées de résine et pré compactées
25 l'une avec l'autre à une pression et une température déterminées, la bande étant déformée selon ladite configuration, et présentant un épanouissement progressif des fibres dans le plan d'application par déformation d'ouverture angulaire régulière obtenue
30 sur la largeur de la bande,

et en ce que la pièce présente une coupe transversale en forme de Ω , de U, de L, de Z de C ou de V.

Avantageusement sa section transversale est en
5 forme de Z ou de L.

Egalement avantageusement elle présente au moins une deuxième partie présentant un rayon de courbure non nul et/ou les fibres unidirectionnelles de deux des nappes sont symétriques par rapport à l'axe de la
10 bande, et/ou la bande composite comprend trois nappes superposées et agglomérées par compactage l'une à l'autre, les fibres parallèles de chacune des nappes formant un angle avec l'axe de la bande respectivement de valeur : $90^\circ - a^\circ$, 90° , $90^\circ + a^\circ$, par
15 exemple, a tel que : $10^\circ < a < 80^\circ$.

L'invention propose également une pièce caractérisée en ce qu'elle comprend au moins deux bandes composites en fibres de renfort, à savoir une première bande et une deuxième bande, directement ou
20 indirectement déposée sur ladite première bande, et formées respectivement sur un premier mandrin souple en silicone et sur un deuxième mandrin souple en silicone et/ou elle comprend intercalée entre deux bandes et/ou superposée sur une bande, au moins un
25 ruban de renfort comportant des fibres unidirectionnelles parallèles à l'axe longitudinal de la bande.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes de réalisation donnés
30 ci-après à titre d'exemple non limitatifs.

La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent dans lesquels :

La figure 1 est une vue de dessus en perspective, d'un mode de réalisation d'empilement de nappes selon trois axes différents, pour former un semi-produit pour bandes du type utilisé avec l'invention.

5 La figure 2 montre la découpe de telles bandes en matériau composite, à partir du semi-produit décrit à la figure 1.

La figure 3 montre, en perspective, un mandrin en silicone symétrique de section transversale en forme
10 de Ω , utilisé dans un mode de réalisation de l'invention plus particulièrement décrit ici, avec pré-drappage d'une bande sur la partie supérieure.

La figure 4 montre la mise en place et la formation de ladite bande de section en Ω sur le
15 mandrin en silicone, par application et déformation sous vide.

La figure 5 montre la découpe de profils en Z à partir de la bande configurée de la figure 4.

La figure 6 est une vue schématique, partielle,
20 d'un dispositif carrousel selon un mode de réalisation de l'invention, permettant la mise en place simultanée de deux bandes et de plusieurs rubans de renfort.

La figure 7 est une vue agrandie en perspective
25 montrant la dépose en continu et la déformation en courbe d'une bande réalisée sur l'outillage métallique du carrousel de la figure 6, à l'aide d'un mandrin en silicone, selon un mode de réalisation de l'invention mettant en œuvre une goulotte.

30 La figure 8 est une vue en perspective, tronquée selon VIII-VIII, de la goulotte de la figure 7.

La figure 9 montre, en perspective, une partie du dispositif de la figure 7, permettant d'obtenir par dépose de couches successives les profils montrés aux figures 10A et 10B à titre d'exemple.

5 La figure 11 montre en perspective et en coupe, de façon détaillée, un élément constitutif de l'outillage de la figure 6, faisant apparaître le contre-moule métallique pour cuisson sous pression de la pièce selon un mode de réalisation de l'invention.

10 La figure 1 montre un mode de réalisation d'un exemple de semi-produit 1 permettant la confection d'une bande composite utilisée avec le procédé selon l'invention.

Le semi-produit 1 est ici obtenu par enroulements
15 successifs autour d'un support rectangulaire 2, de trois nappes 3, 4 et 5, composées de fibres carbone unidirectionnelles dans le sens axial, pré-imprégnées de résine époxy, rectangulaires, identiques et dévidées en continu ou semi-continu à partir de
20 rouleaux 6. Les fibres 7 sont situées dans le sens longitudinal 8 des nappes, leur angle d'enrobage étant différent, par exemple et comme représenté sur la figure 1, des angles respectivement de 30°, 90° et 120° avec l'axe 9 du support.

25 Il est ainsi formé un ruban de trois nappes superposées, dont les angles des fibres sont disposés selon des orientations différentes de celles de l'axe du ruban.

Le semi-produit 1 est ensuite compacté à une
30 température et une pression absolue déterminées de façon à obtenir la plaque 10 de la figure 2, correspondant à une des faces du support 2.

La température et la pression déterminées vont dépendre, de façon connue en elle-même, à la fois de la résine utilisée, des fibres choisies, de la solidité et de la résistance du profil recherché
5 après polymérisation, etc.

Avantageusement la pression du compactage peut, par exemple, être de l'ordre de 0,8 bar, par mise sous vide et plaquage des nappes l'une sur l'autre dans une enceinte correspondante, mais elle peut
10 également être obtenue par pression externe dans une presse, ou par le biais d'un rouleau presseur à des pressions pouvant atteindre 3, 4 ou même 5 bars.

La température déterminée utilisée pour cette préparation des bandes multi-nappes est
15 avantageusement une température supérieure à 40°C, ce qui permet une bonne polymérisation des résines.

Mais une température ambiante, de 15°C ou inférieure à 20°C est également possible.

A partir du ruban 10, des bandes 11 formées des
20 nappes multi-directionnelles compactées sont extraites.

En référence à la figure 3, et dans le mode de réalisation plus particulièrement décrit ici, la bande 11 est alors drapée sur le mandrin ou gabarit
25 12, en matériau souple du type plastique ou caoutchouc semi-rigide, par exemple en silicone, de section transversale en forme de Ω .

Le mandrin 12 est formé par deux cornières 13, 14 à angle droit accolés par la face externe de leurs
30 âmes respectives 15, 16.

Le profil en Ω peut donc être séparé en deux dans son plan de symétrie 17, pour obtenir des formes dont la section est en S ou en Z.

Par la suite, on utilisera les mêmes numéros de référence pour désigner des éléments identiques ou similaires.

En faisant référence aux figures 3, 4 et 5, on procède ensuite, et par exemple, comme suit :

- On applique tout d'abord longitudinalement la bande 11 sur la face supérieure plate 18 du Ω du mandrin 12.

Pour ce faire, on la presse progressivement, par exemple par l'intermédiaire d'un rouleau presseur 19, ou par tout autre moyen comme par le biais d'un rouleau progressivement déroulé sur lequel était enroulé la bande.

La pression peut être faible (quelques kilos). Elle permet de positionner correctement la bande et de la caler de façon symétrique sur le mandrin ou gabarit, qui est lui-même relativement souple mais suffisamment rigide pour permettre une telle application sans déformation.

- Dans un deuxième temps, et une fois la bande mise en place, on l'applique longitudinalement entièrement sur le gabarit par compactage sous vide, à la température déterminée de l'enceinte dans laquelle se déroule l'opération d'application (par exemple 20°C), pour lui donner la forme déterminée du gabarit, forme qui, à ce stade, ne présente donc pas de rayon de courbure.

Pour ce faire, et par exemple, on plaque sur la bande 11 une bâche 20, en toile de silicone ou en

tout autre matériau souple et étanche, la toile étant montée dans un cadre sur charnière (non représenté).

Les opérations ci-dessus peuvent avantageusement se faire de façon automatique.

5 Puis on fait le vide dans l'espace interstitiel existant entre la bâche et la table support 21 sur laquelle est déposé le gabarit, l'étanchéité étant assurée tout du long par des joints 22.

10 La bâche en silicone vient alors comprimer la bande 11 et la contraint à épouser la forme du gabarit, par une action progressive de la face interne de la bâche sur la bande, et ce de façon homogène sur l'intégralité de la largeur du gabarit en silicone.

15 On obtient ainsi une déformation régulière de la bande prenant la forme en Ω recherchée, comme montré sur la figure 4.

Une fois la bâche 20 enlevée, et si le profil recherché est un profil en S ou Z, on coupe alors 20 longitudinalement la nappe en deux le long de la ligne 23, dans le plan de séparation des deux cornières symétriques par rapport au plan 17.

On sépare ensuite les deux sous-préformes rectilignes 24 et 25, de section en Z, présentement 25 identiques et symétriques.

La suite du procédé nécessite un moule 26, dont un exemple partiel de réalisation est représenté sur la figure 6.

30 Ce moule 26 permet par exemple le traitement simultané de plusieurs profils 27, 28, 29, 30, comme cela sera décrit ci-après.

En référence à la figure 7, la bande 24 ainsi obtenue en forme de Z, est déposée avec son demi-

gabarit 13 sur un outillage métallique 31 chauffé, présentant en coupe la forme complémentaire du gabarit et formant le noyau 32 du moule 26 (dont le couvercle n'est pas représenté).

5 L'outillage présente une forme courbe qui permet de donner à la bande en Z la courbure de la pièce recherchée, de façon régulière, autorisant un épanouissement progressif des fibres dans le sens transversal de la bande.

10 Le moule 26 de mise en pression et en température a par exemple une forme de carrousel, comme montré sur la figure 6.

Il permet d'effectuer en continu différentes phases de formation du profil de pièce recherchée et ensuite de cuire plusieurs pièces en même temps, par
15 exemple les quatre quartiers d'une pièce circulaire ou ovale, de carlingue d'avion.

Dans le mode de réalisation plus particulièrement décrit ici le carrousel comporte quatre postes de
20 dépose, qui peuvent donc se faire simultanément au fur et à mesure de sa rotation, en semi continu, ou en continu.

Un premier poste dépose, en la déformant, la bande 27, le mandrin en silicone souple se courbant
25 simultanément sur l'outillage métallique 31 formé par une cornière chauffable, par exemple en acier.

Pour ce faire la bande 27 et son mandrin 13 sont présentés par une goulotte 33, fixe, rectiligne de section complémentaire à celle de l'ensemble
30 bande+gabarit (cf. Figure 8).

L'outillage métallique est quant-à-lui creux avec circulation d'eau, ce qui permet d'entretenir une température de dépose parfaitement contrôlée puis

d'assurer les différentes variations de températures ultérieures, pour la polymérisation sous pression, comme cela sera décrit en référence à la figure 11.

Un deuxième poste identique, situé symétriquement de l'autre côté du carrousel circulaire, de dépose d'une deuxième bande 29 est prévu. La dépose est avantageusement automatisée, l'orientation et l'épanouissement des fibres pour épouser la courbe étant parfaitement homogènes, et régulièrement progressifs dans le sens transversal, grâce à la présence des gabarits en silicone.

Dans le mode de réalisation plus particulièrement décrit également en référence à la figure 9, on dépose de plus des rubans 34 de renfort sur les faces par exemple verticales 35, 36, des bandes profilées obtenues, en Z, par exemple sous forme de deux couches successives de rubans formés de fibres carbone unidirectionnelles d'axes parallèles à la courbe formée par l'outillage.

La dépose de rubans de nappes carbone unidirectionnelles est effectuée en une seule opération au fur et à mesure de la rotation du noyau 32 du moule 26, par pré-application d'une extrémité des rubans puis déroulement des rubans entraînés par friction lors de ladite rotation, à partir de rouleaux libres (non représentés) d'alimentation, un galet 37 de pressage permettant de limiter le foisonnement et de les mettre bien en place.

On peut lors de rotations supplémentaires du moule, déposer sur la première bande, une deuxième bande et/ou une troisième bande, de façon identique à la première, ces dernières étant configurées autour d'une deuxième ou d'un troisième mandrin identique au

premier pour permettre les empilements successifs, de forme complémentaire.

On a représenté sur les figures 10A et 10B, des modes de réalisation de pièces selon l'invention, après élimination des mandrins.

La figure 10A montre un profil 40 en Z, comprenant deux rubans de renfort unidirectionnel 41 et 42 appliqués sur les faces d'extrémité verticale du Z.

La figure 10B montre quant-à-elle un profil 43, plus complexe, comprenant en sandwich, une première bande 44 en Z, deux rubans de renfort 45, 46 sur les parties d'extrémité, une deuxième bande 47 en Z, deux deuxièmes rubans de renfort 48, 49 et une troisième bande 50 en Z venant refermer entièrement le sandwich.

Chaque bande peut être constituée différemment à partir de deux, trois (ou plus) nappes orientées différemment.

Une fois la pièce ainsi conformée et épanouie de façon régulière, on met en place un outillage permettant la polymérisation sous pression à haute température.

On a représenté sur la figure 11 une vue en coupe, partiellement en perspective, du profil complexe 43 de la figure 10B en place sur la partie mâle 51 de l'outillage décrite ci-avant, appartenant au moule en carrousel.

Cette partie mâle 51 appartient au corps du moule et est fermée par un contre-moule métallique étanche 52 comportant une paroi externe 53 de protection et une bâche en silicone 54 qui va être mise sous pression dans l'espace 55 pour comprimer avec une

pression de quelques bars (par exemple 3 bars) la pièce 43.

La partie mâle 51 comprend des canaux 56, 57, 58 de circulation d'eau à haute température dans l'outillage métallique tout du long de la pièce 43, grâce à un réseau d'alimentation en eau (non représenté).

Cette circulation, coordonnée avec les pressions exercées en 55 par un système de mise en compression commandé par automate, (non représenté) et connu en lui-même, permettent de réaliser les cycles de cuisson définis, qui sont eux-mêmes établis en fonction des caractéristiques de polymérisation de la pièce telles que recherchées et définies par les contraintes du cahier des charges de cette dernière.

Une fois la polymérisation réalisée, on refroidit la pièce ainsi fabriquée, de façon connue en faisant circuler de l'eau froide à l'intérieur du moule, en lieu et place de l'eau de chauffage.

A la fin du moulage et après refroidissement, la pièce est démoulée, détournée et contrôlée (ultrasons).

Comme il va de soi et comme il résulte également de ce qui précède, la présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation plus particulièrement décrits. Elle en embrasse au contraire toutes les variantes et notamment celles où plusieurs formes courbes sont obtenus avec la pièce, ce qui autorise de multiples configurations, plus ou moins complexes, avec ou non un ou des points d'inflexion, celles où les profils sont de sections variables et/ou de section de formes différentes sur leur longueur, celles où la ou les bandes utilisées

sont seulement formées de deux nappes, ou encore de plus de trois nappes comprenant respectivement des fibres d'orientations différentes mais non parallèles à l'axe longitudinal de ladite bande.

REVENDICATIONS

1. Procédé de moulage d'une pièce courbe en
5 matériau composite, caractérisé en ce que, à partir
d'au moins une bande (11) composite s'étendant le
long d'un axe longitudinal (9) formée d'au moins deux
nappes (3, 4, 5) en fibres de renfort
unidirectionnelles disposées selon des orientations
10 différentes de l'axe longitudinal, les nappes étant
pré imprégnées de résine et pré compactées l'une avec
l'autre à une pression et une température
déterminées,

on applique longitudinalement la bande sur un
15 mandrin (12) souple en silicone, par compactage sous
vide à une deuxième température, pour lui donner la
forme déterminée du mandrin,

on dépose ladite bande (11) ainsi obtenue sur un
outillage métallique (31) chauffé présentant en
20 courbe la forme complémentaire du mandrin et formant
le noyau (32) d'un moule (26) de mise en pression et
température, pour donner à la bande la forme de la
pièce courbe recherchée, en enroulant le mandrin
souple au fur et à mesure,

25 on retire le mandrin souple une fois la bande
déposée en totalité,

puis on met en pression et en température le moule
sur l'ensemble ainsi obtenu pour polymérisation,

et on extrait la pièce ainsi formée après
30 refroidissement.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé
en ce que les fibres unidirectionnelles d'au moins

deux des nappes (3, 5) sont symétriques par rapport à l'axe de la bande.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que on forme la bande (11) composite à partir de trois nappes (3, 4, 5) superposées et agglomérées par compactage l'une à l'autre, les fibres parallèles de chacune des nappes formant un angle avec l'axe de la bande respectivement de valeur $90^\circ - a^\circ$, 90° , $90^\circ + a^\circ$.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, la pièce étant réalisée à partir d'au moins deux bandes (11, 29) composites en fibres de renfort, à savoir une première bande (11) et une deuxième bande (29), formées respectivement sur un premier mandrin (12) souple en silicone et sur un deuxième mandrin (12) souple en silicone, et après dépose de la première bande sur ledit outillage et retrait du premier mandrin en silicone, on dépose la deuxième bande sur la première bande en enroulant à son tour le deuxième mandrin souple au fur et à mesure, avant de retirer le deuxième mandrin,

puis on met en pression et température pour moulage de la pièce courbe en matériau composite.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que on intercale entre deux bandes et/ou on superpose sur une bande, au moins un ruban (34) de renfort comportant des fibres unidirectionnelles parallèles à l'axe longitudinal de la bande.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les fibres sont en carbone et la résine une résine époxy.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les mandrins sont obtenus à partir de matrice de section transversale en forme de Ω découpée en deux dans le plan de symétrie pour obtenir une forme en Z de la bande concernée.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que on réalise au moins trois couches (44, 47, 50) successives desdites bandes composites.

9. Dispositif de moulage d'un profil en matériau composite présentant un rayon de courbure non nul à partir d'au moins une bande (11) composite s'étendant le long d'un axe longitudinal (9), caractérisé en ce que, la bande étant formée par l'empilage d'au moins deux nappes (3, 4, 5) en fibres de renfort disposées selon des orientations différentes de l'axe longitudinal, les nappes étant pré imprégnées de résine et pré compactées l'une avec l'autre à une pression et une température déterminées, le dispositif comporte

au moins un premier mandrin (12) souple en silicone,

des moyens (20) de compactage sous vide à une première température, de ladite bande sur le premier mandrin pour lui donner la forme déterminée dudit mandrin,

un outillage métallique (31) chauffé présentant en courbe la forme complémentaire du premier mandrin et formant le noyau d'un moule (26) de mise en pression, agencé pour donner à ladite bande la forme de la pièce courbe recherchée,

des moyens (33) de guidage et de présentation des ensemble mandrin (12, 13, 14) et bande de forme complémentaire agencé pour déposer ladite bande en écartant les mandrins souples au fur et à mesure de
5 la mise en forme de la première bande autour de l'outillage

des moyens (52) de mise en pression et en température du moule sur l'ensemble ainsi obtenu pour polymérisation,

10 et des moyens (57) de refroidissement avant extraction de la pièce ainsi formée après refroidissement.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que, la pièce étant réalisée à
15 partir d'au moins deux bandes (11, 29) composites en fibres de renfort, à savoir une première bande (11) et une deuxième bande (29), il comporte de plus un deuxième mandrin souple en silicone pour former la deuxième bande, et des moyens de dépose de la
20 deuxième bande sur la première après retrait du premier mandrin en silicone.

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 et 10, caractérisé en ce que il comporte de plus des moyens (37) de dépose sur une
25 bande, d'au moins un ruban (34) comportant des fibres de renfort unidirectionnelles.

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que il comporte de plus des moyens de formation des bandes
30 composites par superposition d'une troisième nappe sur les deux premières et d'application progressive de ladite troisième nappe pour l'agglomérer par compactage avec les autres, les fibres parallèles de

chacune des dites nappes formant des angles entre elles respectivement de valeur $90^\circ - a^\circ$, 90° , $90^\circ + a^\circ$.

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisé en ce que
5 l'outillage (26) est de forme circulaire permettant la dépose successive des différentes bandes (11, 29 ; 44, 47, 50) et rubans (34) de renfort.

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que les
10 moyens de guidage et de présentation des ensembles mandrin et bande de forme complémentaire comprennent des goulottes (33) fixes rectilignes.

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 14, caractérisé en ce que les mandrins sont obtenus à partir de matrice en forme de Ω ou de U découpée en deux dans le plan de symétrie pour obtenir une forme en Z, ou en L de la bande concernée.

16. Pièce (40, 43) en matériau composite
20 présentant une configuration ayant une première partie présentant un rayon de courbure non nul, comprenant au moins une bande composite s'étendant le long d'un axe longitudinal,

caractérisée en ce que, la bande (11) est formée
25 par l'empilage d'au moins deux nappes (34, 5) en fibres de renfort unidirectionnelles disposées selon des orientations différentes de celle de l'axe longitudinal de la bande et entre elles, les nappes étant pré imprégnées de résine et pré compactées
30 l'une avec l'autre à une pression et une température déterminées, la bande étant déformée selon ladite configuration, et présentant un épanouissement progressif des fibres dans le plan d'application par

déformation d'ouverture angulaire régulière obtenue sur la largeur de la bande,

et en ce que la pièce présente une coupe transversale en forme de Ω , de U, de Z, de L, de C
5 ou de V.

17. Pièce selon la revendication 16, caractérisée en ce que sa section est en forme de Z ou de L.

18. Pièce en matériau composite selon l'une
10 quelconque des revendications 16 et 17, caractérisée en ce que elle présente au moins une deuxième partie présentant un rayon de courbure non nul.

19. Pièce selon l'une quelconque des revendications 16 à 18, caractérisée en ce que les
15 fibres unidirectionnelles de deux des nappes (3, 5) sont symétriques par rapport à l'axe de la bande.

20. Pièce selon l'une quelconque des revendications 16 à 19, caractérisée en ce que la bande composite comprend trois nappes (3, 4, 5)
20 superposées et agglomérées par compactage l'une à l'autre, les fibres parallèles de chacune des nappes formant un angle avec l'axe de la bande respectivement de valeur : $90^\circ - a^\circ$, 90° , $90^\circ + a^\circ$.

21. Pièce selon la revendication 20,
25 caractérisée en ce que a est tel que : $10^\circ < a < 80^\circ$.

22. Pièce selon l'une quelconque des revendications 16 à 21, caractérisée en ce que les fibres sont en carbone et la résine une résine époxy.

23. Pièce selon l'une quelconque des
30 revendications 16 à 22, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins deux bandes composites en fibres de renfort, à savoir une première bande (40) et une deuxième bande (47), directement ou indirectement

déposée sur ladite première bande, et formées respectivement sur un premier mandrin souple en silicone et sur un deuxième mandrin souple en silicone.

5 24. Pièce selon l'une quelconque des revendications 16 à 23, caractérisée en ce que elle comprend intercalée entre deux bandes et/ou superposée sur une bande, au moins un ruban de renfort comportant des fibres unidirectionnelles
10 parallèles à l'axe longitudinal de la bande.

25. Profil pour carlingue d'avion, caractérisée en ce qu'elle est obtenue à partir d'au moins une pièce réalisée à partir du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.

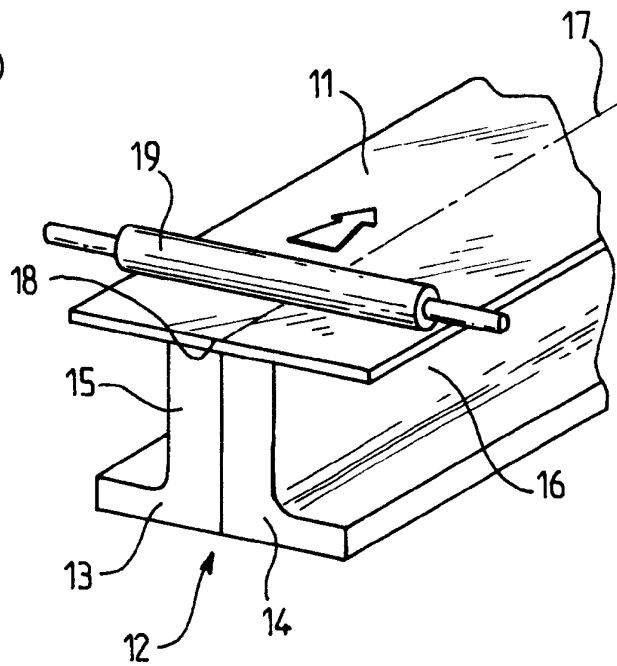
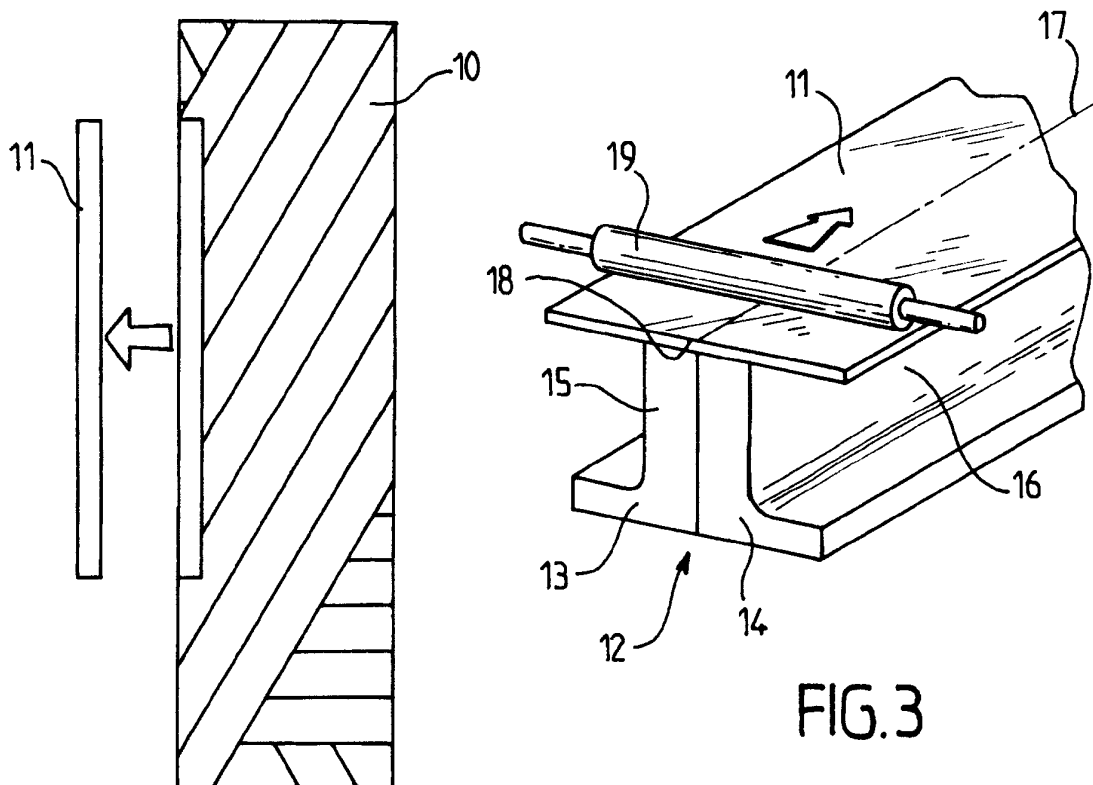
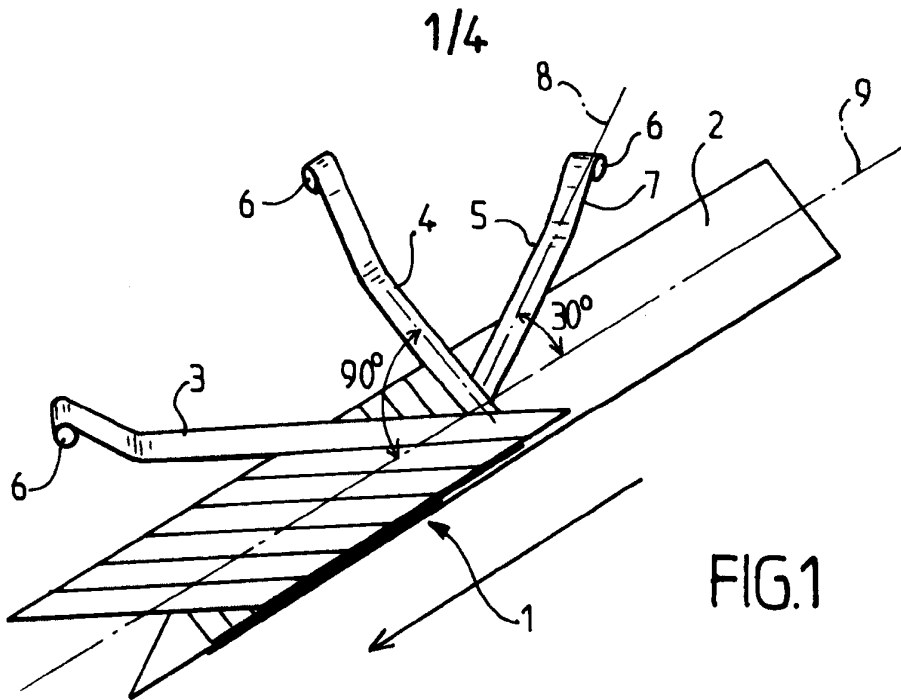


FIG. 4

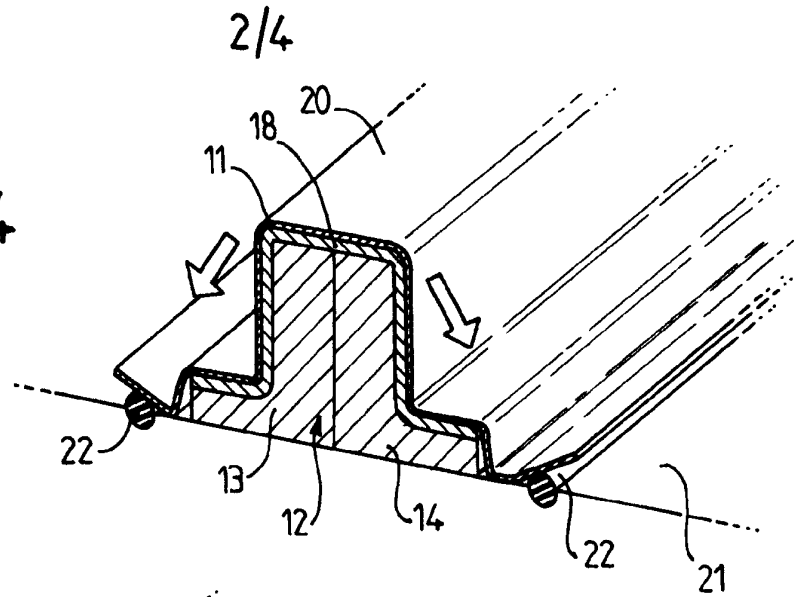


FIG. 5

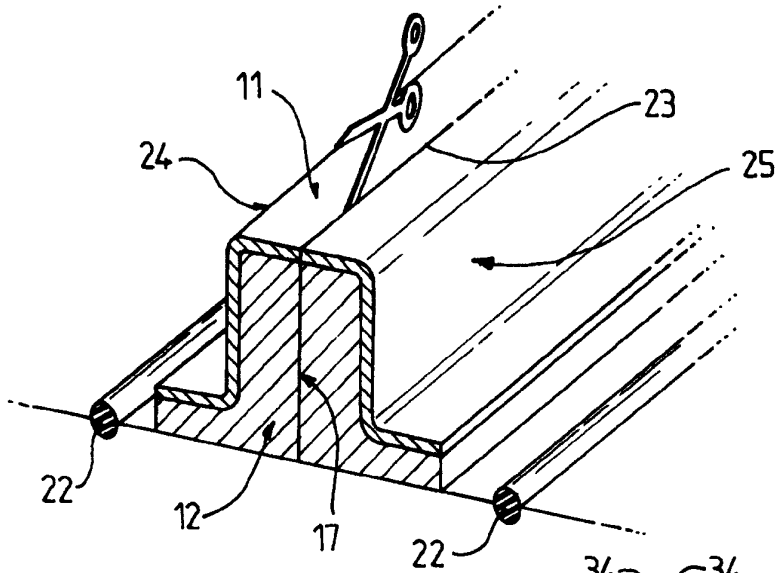
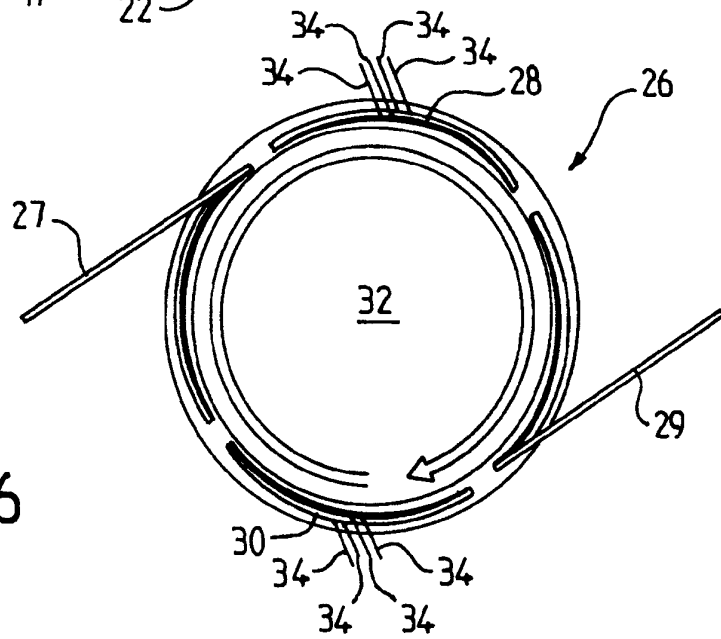


FIG. 6



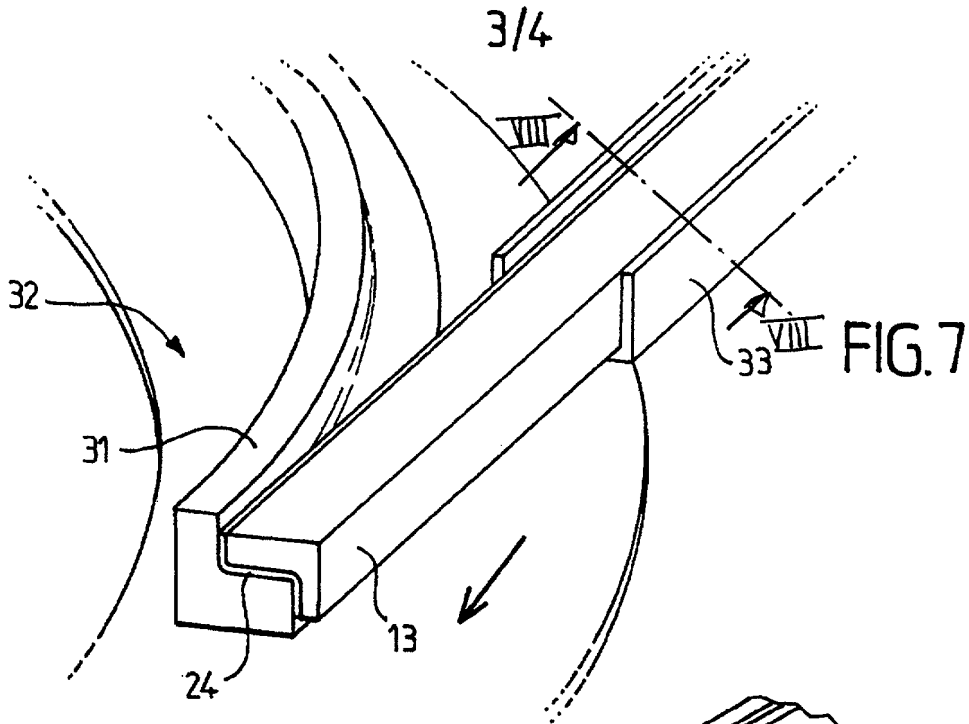


FIG. 7

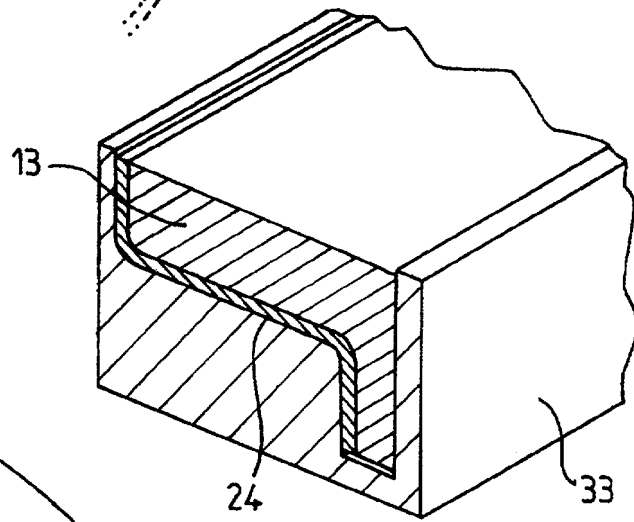


FIG. 8

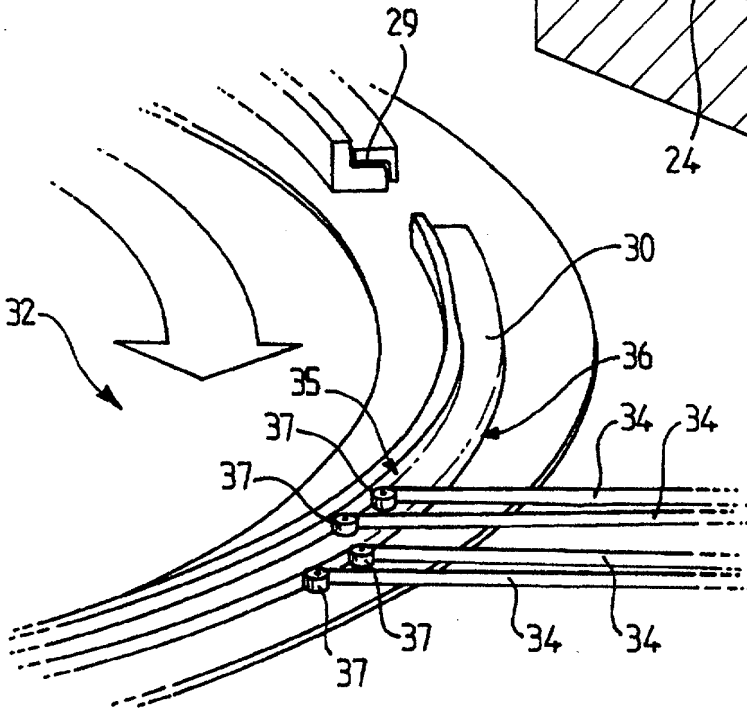


FIG. 9

4/4

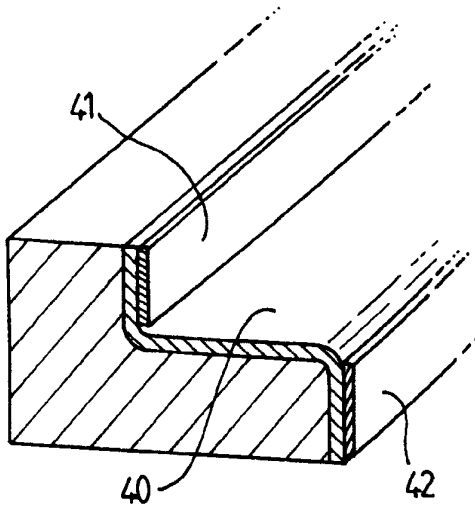


FIG. 10A

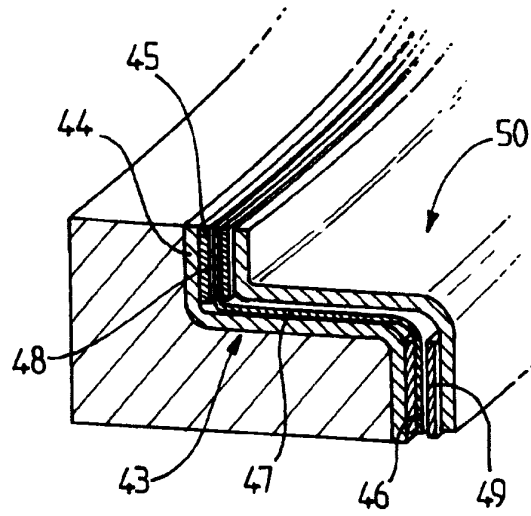


FIG. 10B

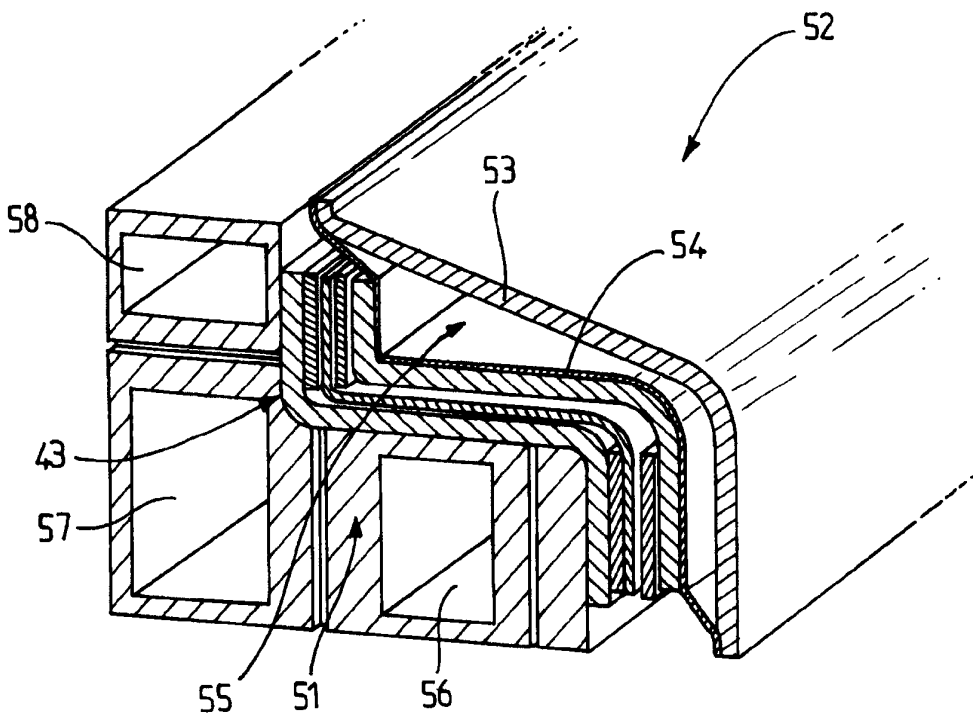


FIG. 11



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE PARTIEL**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FR 707307
FR 0801260

voir FEUILLE(S) SUPPLÉMENTAIRE(S)

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendications concernées | Classement attribué à l'invention par l'INPI |
|---|---|--|--|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | |
| A | FR 2 766 407 A (AEROSPATIALE [FR]) 29 janvier 1999 (1999-01-29) | 1,9 | B29C70/44 B29C70/46 B29L31/30 |
| X | * page 10, ligne 3-21 * * page 11, ligne 26 - page 13, ligne 12 * * page 15, ligne 6-10 * * page 16, ligne 31 - page 17, ligne 18 * * figures 1-3 * | 25 | |
| A | ----- US 2007/029038 A1 (BROWN TODD A [US] ET AL) 8 février 2007 (2007-02-08) | 1,9 | |
| X | * alinéas [0001], [0033] - [0035], [0041], [0047] - [0052] * * figures * ----- | 25 | |
| | | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) |
| | | | B29C |
| | | Date d'achèvement de la recherche | Examineur |
| | | 27 novembre 2008 | Bibollet-Ruche, D |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITES | | T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant | |
| X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire | | | |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0801260 FA 707307**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 27-11-2008

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| FR 2766407 A | 29-01-1999 | CA 2297266 A1 | 04-02-1999 |
| | | CN 1270551 A | 18-10-2000 |
| | | DE 69809427 D1 | 19-12-2002 |
| | | DE 69809427 T2 | 25-09-2003 |
| | | EP 0998383 A1 | 10-05-2000 |
| | | ES 2186202 T3 | 01-05-2003 |
| | | WO 9904952 A1 | 04-02-1999 |
| | | JP 2001510746 T | 07-08-2001 |
| | | US 6613258 B1 | 02-09-2003 |
| ----- | | | |
| US 2007029038 A1 | 08-02-2007 | CN 101277809 A | 01-10-2008 |
| | | EP 1910062 A1 | 16-04-2008 |
| | | KR 20080031942 A | 11-04-2008 |
| | | WO 2007018935 A1 | 15-02-2007 |
| ----- | | | |

**ABSENCE D'UNITÉ D'INVENTION
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE B**

Numéro de la demande

FA 707307
FR 0801260

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir :

1. revendications: 1 - 15, 25

Procédé, dispositif pour mouler une pièce courbe et produit correspondant

2. revendications: 16 - 24

Pièce présentant un forme transversale caractéristique

La première invention a été recherchée.

La présente demande ne satisfait pas aux dispositions de l'article L.612-4 du CPI car elle concerne une pluralité d'inventions qui ne sont pas liées entre elles en formant un seul concept inventif général.

Les seules caractéristiques communes aux deux inventions sont: " Pièce (40, 43) en matériau composite présentant une configuration ayant une première partie présentant un rayon de courbure non nul, comprenant au moins une bande composite s'étendant le long d'un axe longitudinal, caractérisée en ce que, la bande (11) est formée par l'empilage d'au moins deux nappes (34, 5) en fibres de renfort unidirectionnelles disposées selon des orientations différentes de celle de l'axe longitudinal de la bande et entre elles,

Les caractéristiques " la bande étant déformée selon ladite configuration, et présentant un épanouissement progressif des fibres dans le plan d'application par déformation d'ouverture angulaire régulière obtenue sur la largeur de la bande" et " les nappes étant préimprégnées de résine et précompactées l'une avec l'autre à une pression et une température déterminées." utilisée dans la revendication 16 réfèrent à une caractéristique de procédé et non à une caractéristique de produit ce qui engendre un manque de clarté.

Par conséquent cette caractéristique ne peut pas être prise en compte pour analyser le sujet de la revendication 16.

Néanmoins, les caractéristiques communes sont déjà connues dans l'art antérieur, comme décrit dans les documents US 2007/029038 A1 (cf. paragraphe 41 et figures 5) et FR-A-2 766 407 (cf. page 10, ligne 3-21, page 11, ligne 26 - page 13, ligne 12 et figure 1).

Ces caractéristiques résolvent aussi le problème d'amélioration de la résistance mécanique, comme indiqué à la page 2, lignes 13-16 de la demande. Ces caractéristiques ne peuvent donc pas être considérées comme éléments techniques particuliers.

Les caractéristiques restantes des deux inventions résolvent deux problèmes différents grâce à des éléments techniques particuliers différents:

**ABSENCE D'UNITÉ D'INVENTION
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE B**

Numéro de la demande

FA 707307
FR 0801260

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir :

Le problème à résoudre par la première invention est d'obtenir un drapage homogène. La caractéristique qui résout ce problème est l'utilisation d'un mandrin souple en silicone qui est retiré au moment de la dépose de la bande sur le moule. Cette caractéristique est donc considérée comme étant l'élément technique particulier de la première invention.

Le problème à résoudre par la deuxième invention est l'obtention d'une pièce utilisable pour la fabrication d'un fuselage. La caractéristique qui résout ce problème est: "la pièce présente une coupe transversale en forme de Q, de U, de Z, de L, de C ou de V." Cette caractéristique est donc considérée comme étant l'élément technique particulier de la deuxième invention.

Étant donné que les problèmes à résoudre par les deux inventions et les caractéristiques qui résolvent ces problèmes sont différents, les éléments techniques particuliers différents ne peuvent être considérés comme éléments techniques particuliers identiques ou correspondants.