

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : **2 909 920**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **06 55553**

51) Int Cl<sup>8</sup> : **B 29 C 70/48** (2006.01), F 02 K 9/97, B 29 B 11/16

12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

22) Date de dépôt : 15.12.06.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.06.08 Bulletin 08/25.

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) : **SNECMA PROPULSION SOLIDE**  
*Société anonyme* — FR.

72) Inventeur(s) : **LALANDE JOELLE** et **BALLION FREDERIC**.

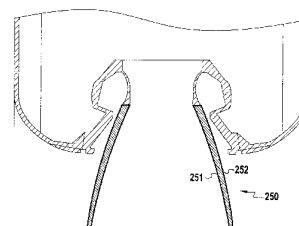
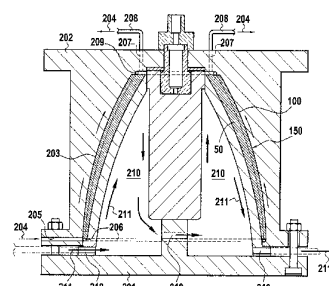
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : **CABINET BEAU DE LOMENIE**.

54) **PROCEDE DE REALISATION D'UN ENSEMBLE CARTER-DIVERGENT.**

57) L'invention concerne un procédé de réalisation d'un ensemble carter-divergent comprenant les étapes suivantes:

- formation d'un renfort fibreux (150) à partir d'une première préforme fibreuse (50) réalisée avec un premier type de fibre et d'une seconde préforme fibreuse (100) réalisée avec un second type de fibre différent du premier type de fibre, ladite seconde préforme étant disposée sur la première préforme,
- maintien, dans un outillage (200) du renfort fibreux (150) dans une forme identique à celle de l'ensemble carter-divergent à réaliser, et
- imprégnation dudit renfort fibreux avec une résine thermodurcissable (204) et polymérisation de la résine.



**FR 2 909 920 - A1**



Titre de l'invention

## Procédé de réalisation d'un ensemble carter-divergent

5

Arrière plan de l'invention

L'invention concerne la réalisation d'un ensemble carter-divergent destiné notamment à constituer des composants pour tuyères d'échappement de fusée ou cône de sortie.

Ce type de pièce comporte une partie interne, appelée divergent, qui doit en premier lieu présenter une bonne tenue à la température et l'ablation car elle est directement soumise au flux de gaz chauds. Elle comporte également une partie externe, appelée carter, dont le rôle principal est de conférer une bonne rigidité à la pièce.

En raison notamment des propriétés spécifiques que doivent présenter le divergent et le carter, ces deux éléments sont fabriqués séparément. Ils sont ensuite réunis pour former un ensemble carter-divergent.

Un procédé actuellement utilisé pour former des divergents ou des carters composites consiste à draper et mouler des strates de tissu en carbone préimprégné par une résine, par exemple une résine phénolique. Plus précisément, le procédé comprend le drapage des strates de tissu préimprégné suivant un motif en rosette sur un moule présentant la forme de l'élément à réaliser, le compactage des strates sous vide au moyen d'une membrane, la mise en place d'un moule femelle si nécessaire, la polymérisation en autoclave ou sous presse de l'ensemble, et le démoulage de la pièce. On obtient ainsi une pièce rigide à renfort fibreux.

Il existe encore d'autres procédés connus pour réaliser des divergents ou des carters composites tels que des procédés comprenant, par exemple, l'enroulement de filament, le tressage ou tricotage de manchons.

Cependant, avec ces procédés de fabrication, le nombre de composants ainsi que le temps nécessaires à la réalisation de l'ensemble carter-divergent est relativement important, ce qui engendre un coût de fabrication élevé.

Par ailleurs, puisque le divergent et le carter sont réalisés séparément, l'assemblage de ces deux éléments peut être complexe et présenter des difficultés de mise en œuvre. Par exemple, l'alignement des surfaces de contact entre le carter et le divergent nécessite des usinages supplémentaires qui augmentent d'autant la durée et le coût de fabrication. En outre, le collage des deux éléments requière une préparation des surfaces d'assemblage et une maîtrise du collage pour obtenir une bonne adhérence en tout point.

En outre, les procédés ci-dessus sont délicats à mettre en œuvre. En particulier, le drapage de strates de fibres pour former le renfort fibreux est une opération manuelle qui s'effectue directement sur un support de mise en forme et qui ne permet pas un contrôle précis de l'orientation et de la quantité des fibres en tout point du renfort.

Par ailleurs, la plupart des procédés existants utilisent des fibres préimprégnées qui présentent une moins grande souplesse que des fibres sèches, ce qui rend encore plus difficile la conformation des strates à la forme d'une pièce de révolution tel qu'un divergent et le carter associé.

## 20 Objet et description succincte de l'invention

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients des procédés de l'art antérieur en proposant un procédé pour réaliser un ensemble carter-divergent permettant de réduire le nombre de composants et d'opérations nécessaires à sa réalisation.

Ce but est atteint grâce à un procédé de réalisation d'un ensemble carter-divergent comprenant les étapes suivantes :

- formation d'un renfort fibreux à partir d'une première préforme fibreuse réalisée avec un premier type de fibre et d'une seconde préforme fibreuse réalisée avec un second type de fibre différent du premier type de fibre, ladite seconde préforme étant disposée sur la première préforme,
- maintien du renfort fibreux dans une forme identique à celle de l'ensemble carter-divergent à réaliser,
- imprégnation dudit renfort fibreux avec une résine thermodurcissable et polymérisation de la résine.

Ainsi, en réalisant un renfort fibreux associant la préforme fibreuse du divergent et la préforme fibreuse du carter, le procédé de l'invention permet la réalisation d'un ensemble carter-divergent composite en un minimum d'opérations. Une fois réalisé, le renfort fibreux est imprégné  
5 une seule fois avec une résine, constituant, après polymérisation, une matrice commune entre le divergent et le carter de manière à réaliser ces deux structures au sein d'une même pièce. Le nombre d'opérations nécessaires à la réalisation de l'ensemble carter-divergent est  
10 commun à partir de deux préformes fibreuses "sèches" correspondant chacune respectivement à la partie divergent et à la partie carter, l'ajustement entre ces deux pièces est relativement aisé puisque les préformes fibreuses formées de fibres sèches présentent une bonne conformabilité.

15 Par ailleurs, la diminution du nombre de composants et d'opérations pour la réalisation de l'ensemble carter-divergent obtenue avec le procédé de l'invention permet une réduction de coût de fabrication importante notamment en raison du fait qu'il est possible d'utiliser un seul outillage pour réaliser le renfort fibreux et un seul outillage pour réaliser  
20 l'imprégnation et la polymérisation de la résine avec un seul cycle d'injection et de polymérisation. Avec le procédé de l'invention, aucun collage et aucun usinage intermédiaire sont nécessaires.

La première préforme fibreuse, destinée à former la partie divergent, est réalisée avec des fibres présentant une faible conductivité  
25 thermique, c'est-à-dire des fibres présentant une conductivité thermique inférieure à  $50 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , et de préférence inférieure à  $20 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . De telles fibres peuvent être notamment des fibres de carbone à précurseur brai, ou des fibres de carbone à précurseur PAN (polyacrylonitrile), ou des fibres de carbone à précurseur rayonne.

30 La seconde préforme fibreuse, destinée à former la partie carter, est réalisée avec des fibres présentant une résistance à la traction d'au moins 3000 MPa, de préférence supérieure ou égale à 3400 MPa. Ces fibres présentent en outre un module de Young ou module d'élasticité d'au moins 200 Gpa. De telles fibres peuvent être notamment des fibres de  
35 carbone à précurseur PAN ou des fibres de carbone à précurseur brai.

Selon un aspect de l'invention, la première préforme fibreuse est réalisée à partir d'une pluralité de strates fibreuses annulaires comprenant chacune au moins une première série de fibres orientées suivant un angle  $\alpha$  et une deuxième série de fibres orientées suivant un angle  $-\alpha$ . Les strates fibreuses annulaires sont empilées sur un outillage de forme conique ou de forme coquetier, chaque strate étant disposée sur ledit outillage suivant un angle  $\beta$  par rapport à l'axe de l'outillage.

Les première et deuxième séries de fibres de chaque strate fibreuse annulaire sont réalisées par placement et couture automatiques de fibres entre deux canevas définissant un espace annulaire, chaque strate étant extraite des canevas par découpe après réalisation d'une liaison circulaire dans ladite strate. De cette manière, les strates fibreuses destinées à former la préforme de la partie divergent peuvent être réalisées à plat entre deux canevas, ce qui permet de contrôler précisément l'orientation des fibres. En outre, en utilisant une machine à broder automatique pour placer les fibres entre les deux canevas, on peut automatiser le placement des fibres et former des strates fibreuses identiques notamment en ce qui concerne l'orientation et la quantité des fibres utilisées.

Selon un mode de réalisation, la deuxième préforme est réalisée à partir d'au moins une première et une deuxième strates fibreuses superposées, la première strate comportant des fibres orientées suivant une direction déterminée, la deuxième strate étant réalisée en disposant sur la première strate une strate de fibres orientées perpendiculairement aux fibres de la première strate. La première strate est réalisée par placement et couture automatiques de fibres entre deux canevas définissant un espace annulaire, la strate étant extraite des canevas par découpe après réalisation d'une liaison circulaire dans ladite strate, et la deuxième strate étant réalisée par bobinage filamentaire sur la première strate maintenue en forme sur un outillage de forme coquetier ou conique.

Selon un autre mode de réalisation, la deuxième préforme fibreuse est réalisée à partir d'au moins une strate fibreuse comprenant au moins une première et une deuxième séries de fibres superposées, la première série comportant des fibres orientées suivant un angle  $\alpha$  et la seconde série comportant des fibres orientées suivant un angle  $-\alpha$ . Les première et deuxième séries de fibres de chaque strate fibreuse sont réalisées par placement et couture automatiques de fibres entre deux canevas

définissant un espace annulaire, chaque strate étant extraite des canevass par découpe après réalisation d'une liaison circulaire dans ladite strate.

La deuxième préforme fibreuse peut être réalisée, soit indépendamment de la première préforme, soit directement sur la première préforme fibreuse.

Le renfort fibreux formé des première et seconde préformes fibreuses superposées est ensuite placé dans un outillage, l'outillage comprenant un moule et un contre-moule définissant un espace interne dans lequel est maintenu le renfort. La résine thermodurcissable est alors injectée à la base du renfort, un gradient de pression étant établi dans ledit espace interne de manière à faire circuler la résine injectée à la base du renfort vers le sommet dudit renfort. L'injection et la polymérisation est ainsi réalisée avec le même outillage et en un seul cycle.

La résine thermodurcissable est une résine structurale ayant un taux de coke d'au moins 50 %.

#### Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue de dessus montrant le placement de fibres suivant deux orientations distinctes conformément à un mode de réalisation de l'invention,

- la figure 2 est une vue schématique de dessus montrant le placement d'une première série de fibres entre deux canevass conformément à un mode de réalisation de l'invention,

- la figure 3 est une vue agrandie en perspective d'une partie (repère III) de la figure 2 montrant le placement et la couture de fibres par une machine à broder automatique,

- la figure 4 est une vue agrandie d'une partie (repère IV) de la série de fibres de la figure 2 sur laquelle sont réalisés le placement et la couture de fibres supplémentaires par une machine à broder automatique,

- les figures 5A et 5B sont des vues schématiques montrant la réalisation d'une strate fibreuse ayant des fibres suivant deux orientations distinctes,
- la figure 6 est une vue en demi coupe, suivant le repère VI, de la strate fibreuse de la figure 2 montrant la réalisation d'une couture circulaire,
- la figure 7 est une vue en demi coupe, suivant le repère VI, de la strate fibreuse de la figure 2 montrant le retrait de la strate des canevas,
- la figure 8 est une vue schématique de dessus montrant la strate fibreuse de la figure 2 après placement des deux séries de fibres, ajout des fibres supplémentaires et retrait des canevas,
- la figure 9 est une vue schématique montrant la réalisation de la préforme de la partie divergent par empilement de strates sur un outillage,
- la figure 10 est une vue partielle en perspective montrant le détail de la disposition des strates empilées dans la figure 9,
- la figure 11 une vue schématique en perspective de la préforme fibreuse de la partie divergent réalisée sur l'outillage de la figure 9,
- la figure 12 est une vue schématique de dessus montrant la réalisation d'une strate fibreuse conformément à un autre mode de réalisation de l'invention,
- la figure 13 est une vue agrandie d'une partie (repère XIII) de la strate de la figure 12 sur laquelle sont réalisés le placement et la couture de fibres supplémentaires par une machine à broder automatique,
- la figure 14 est une vue schématique de dessus montrant la strate fibreuse de la figure 12 après ajout de fibres supplémentaires et retrait des canevas,
- la figure 15 est une vue schématique en perspective d'un outillage de mise en forme utilisé pour la fabrication d'une préforme fibreuse de la partie carter,
- la figure 16 est une vue schématique en perspective de l'outillage de la figure 15 sur lequel est disposé la strate fibreuse de la figure 14,

- la figure 17 est une vue schématique de détail montrant le positionnement de barrettes de picots dans l'outillage de la figure 16,
- la figure 18 est une vue schématique en perspective d'une installation de bobinage filamenteire,
- 5 - la figure 19 est une vue schématique en perspective de l'outillage de la figure 16 comprenant en outre, sur la strate fibreuse, une strate de bobinage filamenteire,
- la figure 20 un renfort fibreux d'un ensemble carter-divergent formé par la réunion d'une préforme fibreuse de divergent avec  
10 une préforme fibreuse de carter,
- la figure 21 est une vue en perspective montrant l'outillage utilisé pour l'injection et la polymérisation de résine dans le renfort fibreux,
- la figure 22 est une vue schématique partielle en coupe  
15 montrant l'injection de résine dans le renfort fibreux,
- la figure 23 est une vue schématique en coupe d'une partie arrière d'un propulseur équipée d'un ensemble carter-divergent réalisé conformément à un procédé de l'invention.

## 20 Description détaillée des modes de réalisation de l'invention

La présente invention propose un procédé pour réaliser un ensemble carter-divergent comprenant principalement la formation d'un renfort fibreux à partir de deux types de fibres et l'imprégnation de ce  
25 renfort avec une résine pour former une matrice. Le renfort fibreux est constitué de deux préformes fibreuses correspondant respectivement aux parties divergent et carter de l'ensemble à réaliser.

La première préforme destinée à former la partie du renfort fibreux correspondant au divergent est formée avec un premier type de fibres  
30 réfractaires présentant en particulier une faible conductivité thermique, c'est-à-dire des fibres présentant une conductivité thermique inférieure à  $50 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  environ, et de préférence inférieure à  $20 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Ce premier type de fibre peut par exemple correspondre à des fibres de carbone à précurseur brai, à précurseur PAN (polyacrylonitrile) ou à  
35 précurseur rayonne.

La deuxième préforme destinée à former la partie du renfort fibreux correspondant au carter est formée avec un deuxième type de fibres présentant en particulier une haute résistance mécanique, c'est-à-dire des fibres présentant une résistance à la traction d'au moins 3000 MPa, de préférence supérieure ou égale à 3400 MPa, et présentant en outre un module de Young ou module d'élasticité d'au moins 200 Gpa. 3400 MPa. Les fibres de ce deuxième type peuvent être notamment des fibres de carbone à précurseur PAN (polyacrylonitrile) ou à précurseur brai.

La première préforme fibreuse correspondant à la partie "divergent" de l'ensemble carter-divergent à réaliser est formée à partir d'un empilement de strates fibreuses.

Selon un mode de mise en œuvre de l'invention, chaque strate fibreuse est réalisée au départ à plat sur des canevas. Dans cette mise en œuvre illustrée à la figure 1, chaque strate fibreuse est constituée de plusieurs séries de fibres 22 et 23, par exemple des fibres de carbone à précurseur brai, qui sont respectivement placées suivant deux orientations différentes. Ce placement de fibres suivant deux orientations permet de conférer à la pièce résultante une résistance vis-à-vis de sollicitations mécaniques ayant des directions différentes.

La strate fibreuse est réalisée à partir de deux canevas 20 et 21 définissant un espace annulaire 27. Les canevas 20 et 21 délimitent respectivement la périphérie interne et externe de l'espace annulaire 27 dont la largeur  $l$  est choisie légèrement supérieure aux dimensions nécessaires pour la strate.

Les séries de fibres 22 et 23 sont disposées en utilisant la technologie de placement TFP (pour "Tailored Fibre Placement"), c'est-à-dire en programmant une machine à broder automatique pour qu'elle place et couse les fibres 22 et 23 sur les canevas suivant respectivement un angle  $\alpha$  et un angle  $-\alpha$ . Les angles  $\alpha$  et  $-\alpha$  peuvent correspondre par exemple respectivement à  $+45^\circ$  et  $-45^\circ$  environ. La technologie TFP consiste à placer et fixer par couture des fibres à des endroits précis sur un support (canevas) au moyen d'une machine à broder automatique.

Toutefois, dans la présente invention, la technologie TFP est utilisée d'une manière différente. En effet, comme décrit par exemple dans le document US 2004/0074589, la technologie TFP est utilisée pour placer et coudre des fibres sur un support qui fait partie intégrante de la strate. De

façon différente, dans la présente invention, on utilise des supports (canevas) uniquement pour définir la forme et les dimensions de la strate fibreuse à réaliser. Les supports ne se retrouvent pas dans la strate fibreuse finale. Si on utilise la technologie TFP habituelle, la strate fibreuse brodée sur le support présente une trop grande rigidité et ne peut pas être déformée pour épouser, par exemple, une forme tridimensionnelle de révolution et de surface non développable.

Concrètement, comme représentée sur les figures 2 et 3, la machine dispose par exemple dans l'espace annulaire 27 une première série de fibres 22a suivant l'angle  $-\alpha$ . A cet effet, la machine délivre les fibres 22a à partir d'une bobine (non représentée) contenant par exemple des fils de fibres ex-brai et les positionne au moyen d'un guide 25 dans l'espace annulaire 23. Pour maintenir les fibres ainsi placées, la machine comprend une tête de couture 24 qui coud les fibres au niveau de leurs extrémités sur les canevas 20 et 21 avec un fil 26 très fin, par exemple en polyéthylène ou polyester. Le placement et la couture des fibres sont programmés dans la commande numérique de la machine.

De par la forme annulaire de l'espace 27 et le placement radial des fibres dans celui-ci, il subsiste des espaces entre les fibres placées par la machine qui sont plus importants au fur et à mesure que l'on se rapproche de la périphérie externe de l'espace annulaire. Pour conserver un taux de fibres sensiblement identique en tout point de la strate, on ajoute des fibres supplémentaires 22b de longueur variable dans les espaces présents entre les fibres 22a comme illustré sur la figure 4. Dans ce cas, la machine à broder automatique est programmée pour combler les espaces libres entre les fibres 22a en plaçant les fibres supplémentaires 22b dans ces espaces et en les cousant aux fibres adjacentes.

Comme illustré sur la figure 5A, la machine à broder dispose ensuite une série de fibres 23a suivant l'angle  $-\alpha$  sur la série de fibres 22 (comprenant les fibres 22a et 22b). Des fibres supplémentaires 23b sont ensuite ajoutées pour combler les espaces présents entre les fibres 23a (figure 5B) et former ainsi une deuxième série de fibres 23 (fibres 23a et 23b).

Ces étapes sont éventuellement répétées pour former plusieurs séries de fibres superposées et disposées respectivement suivant l'angle  $-\alpha$  et  $\alpha$ .

Une fois tous les espaces comblés, l'espace annulaire 27 est rempli par une strate 30 contenant au moins deux séries de fibres 22 et 23 orientées suivant deux directions différentes. On réalise alors une couture circulaire 31 (figure 6) au voisinage de la périphérie interne de l'espace annulaire pour maintenir les fibres avant le retrait de la strate fibreuse 30 des canevas qui peut être réalisé, par exemple, en découpant la strate 30 le long des périphéries interne et externe de l'espace annulaire 23 en utilisant des outils de coupe 28 et 29 (ex. couteaux, bistouris électriques, jets d'eau sous pressions, lasers, etc.) (figure 7).

On obtient alors une strate fibreuse 30 (figure 8) dont les fibres sont maintenues entre elles par la couture circulaire 31 tout en conservant une grande souplesse, ce qui permet de la positionner facilement sur un outillage.

La préforme fibreuse correspondant à la partie divergent de l'ensemble carter-divergent est formée à partir d'un empilement d'une pluralité de strates fibreuses réalisées de la même façon celle décrite précédemment pour la strate fibreuse 30. Plus précisément, comme illustré sur les figures 9 et 10, on empile une pluralité de strates  $30_1, 30_2, 30_3, 30_4, \dots, 30_i$  sur un outillage 40 présentant une forme coquetier correspondant à la forme du divergent à réaliser. Les strates  $30_1$  à  $30_i$  sont respectivement fabriquées avec un diamètre interne décroissant pour s'adapter au rétrécissement progressif de l'outillage entre sa base 43 et son sommet 42. Les strates  $30_1$  à  $30_i$  peuvent en outre être respectivement réalisées avec une largeur annulaire progressivement croissante de manière à augmenter l'épaisseur de paroi du divergent au fur et à mesure que l'on s'approche du sommet 42 de l'outillage 40. Comme illustré sur la figure 10, les strates sont de préférence disposées sur l'outillage de manière à former un angle  $\beta$  d'environ  $10^\circ$  par rapport à un axe 44 correspondant à l'axe du divergent. A cet effet, l'outillage 40 comprend au niveau de sa base 43 un rebord 41 permettant de maintenir les premières strates empilées suivant l'angle  $\beta$ , les strates suivantes conservant cette orientation dans l'empilement.

La figure 11 montre une préforme fibreuse de divergent 50 obtenue après empilement complet d'une pluralité de strates annulaires entre la base 43 et le sommet 42 de l'outillage 40 comme décrit précédemment.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la deuxième préforme fibreuse correspondant à la partie "carter" de l'ensemble carter-divergent à réaliser est formée par superposition d'au moins une strate fibreuse ayant des fibres orientées suivant une première direction correspondant à l'axe de l'armature et appelée "strate à 0°" et d'une strate suivant une  
5 seconde direction perpendiculaire à l'axe de l'armature et aux fibres des strates à 0° et appelée "strate à 90°". Cette superposition de ces deux strates peut être répétées plusieurs fois en fonction de la rigidité requise pour le carter.

10 Chaque strate à 0° est réalisée de la même façon que celle décrite précédemment pour la réalisation des strates composant la partie divergent du renfort fibreux de l'ensemble carter-divergent, à savoir comme illustré sur la figure 12, en disposant des fibres 122a, par exemple des fibres de carbone à précurseur PAN, radialement entre deux canevas  
15 120 et 121 définissant un espace annulaire 127 dont la largeur  $l$  est choisie légèrement supérieure aux dimensions nécessaires pour la strate à 0°. Les fibres 122a sont disposées en utilisant la technologie de placement TFP (pour "Tailored Fibre Placement"), c'est-à-dire en programmant la machine à broder automatique pour qu'elle place et couse les fibres 122a  
20 de manière à remplir au mieux l'espace annulaire 127.

De même que décrit précédemment, pour conserver un taux de fibres sensiblement identique en tout point de la strate, la machine à broder automatique est programmée pour combler les espaces libres entre les fibres 122a en plaçant les fibres supplémentaires 122b dans ces  
25 espaces et en les cousant aux fibres adjacentes (figure 13).

Une fois tous les espaces comblés, l'espace annulaire 127 est rempli par une strate contenant un taux de fibres sensiblement constant en tout point. On réalise alors une couture circulaire au voisinage de la périphérie interne de l'espace annulaire pour maintenir les fibres avant le  
30 retrait de la strate fibreuse des canevas.

La figure 14 montre une strate à 0° 60 après le retrait des canevas et dont les fibres 122 (comprenant les fibres 122a et 122b) sont maintenues entre elles par la couture circulaire 61, ce qui leur permet de conserver une grande souplesse permettant de la conformer facilement  
35 sur un outillage de mise en forme.

La figure 15 illustre un exemple d'un tel outillage 70 qui peut être utilisé pour réaliser une strate à 90° sur la strate à 0°. L'outillage 70 présente une forme coquetier correspondant à la forme de la préforme fibreuse du carter à réaliser et comportant des fentes 71 pour permettre le passage de picots servant à la réalisation d'une strates à 90°. La figure 16 montre la strate fibreuse à 0° 60 lorsqu'elle est positionnée (i.e. mise en forme) sur l'outillage 70. Puisque les fibres 122 sont relativement libres du côté de la périphérie externe de la strate 60, cette dernière s'adapte parfaitement à la forme sphérique de l'outillage 70. On positionne ensuite dans chaque fente 71 de l'outillage une barrette 74 de support de picots 73 (figure 17).

Une strate à 90° 80 est réalisée directement sur la strate à 0° 60 par bobinage filamentaire (figure 18). A cet effet, le sommet 72 de l'outillage 70 est fixé sur un mandrin 91 d'une machine à bobiner 90. De cette façon, la machine 90 entraîne l'outillage 70 en rotation tout en délivrant en continu un fil 94 au moyen d'un passe-fils 92 monté sur un bras 93 qui est décalé au fur et à mesure du bobinage de manière à former des boucles successives sur la strate 60 maintenues entre les picots 73. Le fil 94 est constitué de préférence du même matériau (ex. fibres de carbone à précurseur PAN) que celui composant les fibres 122 de la strate à 0° 60.

Lorsque le bobinage est terminé, la strate à 0° 60 est entièrement recouverte par une strate à 90° 80 (figure 19), c'est-à-dire une strate dont les fibres 81 sont orientées perpendiculairement aux fibres 122 de la strate sous-jacente 60.

Une préforme fibreuse 100 correspondant à la partie carter de l'ensemble carter-divergent à réaliser est ainsi réalisée en alternant sur l'outillage 70 au moins une strate fibreuse à 0° 60 avec une strate à 90° 80 réalisée par bobinage. Chaque strate à 0° est réalisée suivant le procédé décrit précédemment en augmentant éventuellement à chaque fois légèrement la largeur de la couche 60 afin de tenir compte de l'augmentation de volume dans l'empilement.

Selon une variante de réalisation, la préforme fibreuse correspondant à la partie carter peut également être réalisée à partir d'une ou plusieurs strates similaire à la strate 30 décrite précédemment pour la partie divergent, c'est-à-dire des strates comprenant chacune deux séries

de fibres disposées respectivement suivant des angles  $\alpha$  et  $-\alpha$  pouvant correspondre par exemple à  $+45^\circ$  et  $-45^\circ$ . La méthode de fabrication de ces strates est identique à celle déjà décrite pour la fabrication de la strate 30 et ne sera pas, par conséquent, décrite une nouvelle fois. La ou  
5 les strates ainsi fabriquées pour former la préforme fibreuse du carter diffèrent de celles réalisées pour la préforme du divergent en ce qu'elles présentent une largeur plus importante afin de couvrir chacune la surface utile de l'outillage 70 correspondant à la surface du carter à réaliser (surface couverte par la strate 60 sur la figure 16).

10 Comme illustré sur la figure 20, on réunit ensuite la première préforme fibreuse 50 correspondant à la partie divergent avec la deuxième préforme fibreuse 100 correspondant à la partie carter de manière à former le renfort fibreux 150 de l'ensemble carter-divergent.

Selon une variante de réalisation, la deuxième préforme du carter  
15 peut être formée directement sur la première préforme du divergent. Dans le cas d'une préforme de carter réalisée avec des strates à  $0^\circ$  et  $90^\circ$ , la préforme fibreuse correspondant au divergent est réalisée sur un outil similaire à l'outil 70 comprenant en outre un rebord à sa base pour permettre l'empilement des strates suivant un angle un angle  $\beta$  d'environ  
20  $10^\circ$  comme décrit précédemment. La préforme correspondant au carter est ensuite formée en disposant sur la préforme du divergent au moins une strate à  $0^\circ$  et une strate à  $90^\circ$  réalisée par bobinage sur la strate à  $0^\circ$  comme expliqué précédemment. Dans le cas d'une préforme de carter réalisée à partir de strates comprenant chacune deux séries de fibres  
25 suivant des angles  $\alpha$  et  $-\alpha$ , ces strates sont directement disposées sur la préforme du divergent.

L'étape suivante du procédé de réalisation de l'ensemble carter-divergent conformément à la présente invention consiste à densifier le renfort fibreux 150 avec une matrice commune en une seule opération. A  
30 cet effet, on imprègne le renfort 150 avec une résine thermodurcissable que l'on polymérise par traitement thermique.

On utilise à cet effet le procédé bien connu de moulage par transfert dit RTM ("Resin Transfert Moulding") qui consiste à imprégner le renfort fibreux avec une résine et à procéder à sa polymérisation dans un  
35 même moule. Pour mettre en œuvre la méthode de moulage par transfert RTM dans le cadre de la présente invention, un outillage spécifique 200,

présenté sur les figures 21 et 22, a été développé pour permettre l'injection et la polymérisation d'une résine dans le renfort fibreux de l'ensemble carter-divergent.

5 Plus précisément comme illustré sur la figure 21, l'outillage 200 comprend un moule 201 et un contre-moule 202, réalisé par exemple en acier, entre lesquels est disposé le renfort fibreux 150 composé des première et seconde préformes fibreuses 50 et 100.

10 Une fois assemblés entre eux comme illustré sur la figure 22, le moule 201 et le contre-moule 202 définissent un espace interne 203 occupé par le renfort 150 et dans lequel est injectée une résine 204 via un orifice d'alimentation 205 ménagé sur la partie inférieure du contre-moule 202. La pression d'injection est contrôlée au niveau de l'orifice d'alimentation 205. L'orifice d'alimentation 205 communique avec un canal circulaire 206 qui permet de distribuer la résine sur toute la périphérie de  
15 la base du renfort 150. Le contre-moule 202 comprend en outre dans sa partie supérieure un canal circulaire 209 communiquant avec des orifices 207, par exemple au nombre de trois, qui sont reliés à des conduits d'évacuation 208 sous vide partiel. Cette configuration permet l'établissement d'un gradient de pression entre la partie inférieure du  
20 renfort 150 où la résine est injectée et la partie supérieure du renfort située à proximité des orifices 207. De cette manière, la résine thermodurcissable 204 injectée au niveau du grand diamètre du renfort 150 va imprégner progressivement l'ensemble du renfort en circulant dans l'espace 203 jusqu'au canal circulaire 209 où le surplus de résine présent  
25 est évacué par les orifices 207. Le maintien de la fermeture de l'outillage 200 est assuré par une presse hydraulique (non représentée sur les figures).

30 Pour permettre l'initiation de la polymérisation de la résine injectée dans le renfort fibreux, l'outillage doit être porté et maintenu à une température correspondant à la température de polymérisation de la résine utilisée. A cet effet, l'outillage 200 comprend des moyens de chauffage qui peuvent être de différents types (résistifs, inductifs, etc.). Dans le mode de réalisation de l'outillage présenté ici, le chauffage du cœur de l'outillage est assuré par un circuit de circulation 210 ménagé  
35 dans le moule 201 et dans lequel on fait circuler de l'huile chaude 211. La résine est quant à elle injectée dans l'outillage à la température d'injection

adéquate par chauffage de la tête d'injection (non représenté sur les figures) qui est connectée avec l'orifice d'alimentation 205. Un avantage supplémentaire de l'utilisation d'une circulation d'huile comme moyen de chauffage est que cette huile permet en outre de réguler la température dans le renfort car la polymérisation une fois déclenchée peut engendrer une réaction exothermique.

La résine utilisée est de préférence une résine présentant des caractéristiques structurales et ayant un taux de coke d'au moins 50 %. En outre, la résine doit être adaptée pour les procédés RTM, c'est-à-dire présenter de préférence une faible viscosité pour faciliter son injection dans les fibres du renfort. La résine utilisée peut être, par exemple, une résine cyanate ester.

Après l'injection et la polymérisation, la pièce est démoulée. Elle peut éventuellement subir un cycle de post-cuisson pour améliorer ses caractéristiques thermomécaniques (augmentation de la température de transition vitreuse), comme par exemple un cycle de 2 heures à 180 °C. Au final, la pièce est détournée pour enlever l'excès de résine et les chanfreins sont usinés. Aucun autre usinage n'est nécessaire puisque, la pièce étant moulée, elle respecte les cotes exigées.

Comme illustré sur la figure 23, on dispose alors d'une pièce unique formant un ensemble carter-divergent 250 qui peut être utilisé directement pour équiper un propulseur, l'ensemble 250 comportant une partie interne 251 réalisée à partir d'un premier type de fibre présentant des caractéristiques plutôt thermiques pour résister aux gaz chauds du propulseur et une partie externe 252 réalisée à partir d'un deuxième type de fibres présentant des caractéristiques plutôt structurales pour conférer une bonne rigidité et résister aux efforts mécaniques.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un ensemble carter-divergent comprenant les étapes suivantes :

- 5           - formation d'un renfort fibreux (150) à partir d'une première préforme fibreuse (50) réalisée avec un premier type de fibre et d'une seconde préforme fibreuse (100) réalisée avec un second type de fibre différent du premier type de fibre, ladite seconde préforme étant disposée sur la première préforme,
- 10           - maintien du renfort fibreux dans une forme identique à celle de l'ensemble carter-divergent à réaliser,
- imprégnation dudit renfort fibreux avec une résine thermodurcissable (204) et polymérisation de la résine.

15           2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première préforme fibreuse (50) est réalisée avec des fibres présentant une conductivité thermique au moins inférieure à  $50 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

20           3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la première préforme fibreuse (50) est réalisée avec des fibres de carbone à précurseur brai, ou des fibres de carbone à précurseur PAN (polyacrylonitrile), ou des fibres de carbone à précurseur rayonne.

25           4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la seconde préforme fibreuse (100) est réalisée avec des fibres présentant une résistance à la traction d'au moins 3000 MPa et un module de Young d'au moins 200 Gpa.

30           5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la seconde préforme fibreuse (100) est réalisée avec des fibres de carbone à précurseur PAN ou des fibres de carbone à précurseur brai.

35           6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la première préforme fibreuse (50) est réalisée à partir d'une pluralité de strates fibreuses annulaires ( $30_1-30_i$ ) comprenant chacune au moins une première série de fibres (22) orientées suivant un

angle  $\alpha$  et une deuxième série de fibres (23) orientées suivant un angle  $-\alpha$ .

5 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la première préforme fibreuse est réalisée par empilement desdites strates fibreuses annulaires (30<sub>1</sub>-30<sub>i</sub>) sur un outillage (40) de forme coquetier ou conique, chaque strate étant disposée sur ledit outillage suivant un angle  $\beta$  par rapport à l'axe de l'outillage.

10 8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que lesdites première et deuxième séries de fibres (22, 23) de chaque strate fibreuse annulaire (30) sont réalisées par placement et couture automatiques de fibres entre deux canevas (20, 21) définissant un espace annulaire (27), chaque strate (30) étant extraite des canevas par découpe  
15 après réalisation d'une liaison circulaire (31) dans ladite strate.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la deuxième préforme (150) est réalisée à partir d'au moins une première et une deuxième strates fibreuses superposées (60,  
20 80), la première strate (60) comportant des fibres (122) orientées suivant une direction déterminée, la deuxième strate (80) étant réalisée en disposant sur la première strate (60) une strate de fibres (81) orientées perpendiculairement aux fibres (122) de la première strate (60).

25 10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que la première strate (60) est réalisée par placement et couture automatiques de fibres (122) entre deux canevas (120, 121) définissant un espace annulaire (127), la strate étant extraite des canevas par découpe après réalisation d'une liaison circulaire (61) dans ladite strate, et en ce que la  
30 deuxième strate (80) est réalisée par bobinage filamentaire sur la première strate maintenue en forme sur un outillage conique (70).

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la deuxième préforme fibreuse est réalisée à partir  
35 d'au moins une strate fibreuse comprenant au moins une première et une deuxième séries de fibres superposées, la première série comportant des

fibres orientées suivant un angle  $\alpha$  et la seconde série comportant des fibres orientées suivant un angle  $-\alpha$ .

5 12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que lesdites première et deuxième séries de fibres de chaque strate fibreuse sont réalisées par placement et couture automatiques de fibres entre deux canevas définissant un espace annulaire, chaque strate étant extraite des canevas par découpe après réalisation d'une liaison circulaire dans ladite strate.

10

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que les première et seconde préformes sont réalisées indépendamment l'une de l'autre, ladite seconde préforme étant disposée sur ladite première préforme pour former le renfort fibreux.

15

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que la deuxième préforme fibreuse est réalisée directement sur la première préforme fibreuse de manière à former le renfort fibreux.

20

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que le renfort fibreux (150) formé des première et seconde préformes fibreuses superposées (50, 100) est placé dans un outillage (200), l'outillage comprenant un moule (201) et un contre-moule (202) définissant un espace interne (203) dans lequel est maintenu le renfort (150) et en ce que la résine thermodurcissable (204) est injectée à la base du renfort, un gradient de pression étant établi dans ledit espace interne (203) de manière à faire circuler la résine injectée à la base du renfort vers le sommet dudit renfort.

25  
30

16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'outillage comprend des moyens de chauffage (210, 211) pour maintenir le renfort fibreux à une température sensiblement uniforme.

17. Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que l'outillage est chauffé par circulation d'un fluide de régulation thermique (211).

- 5           18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, caractérisé en ce que la résine thermodurcissable (204) est une résine structurale ayant un taux de coke d'au moins 50 %.

1/13

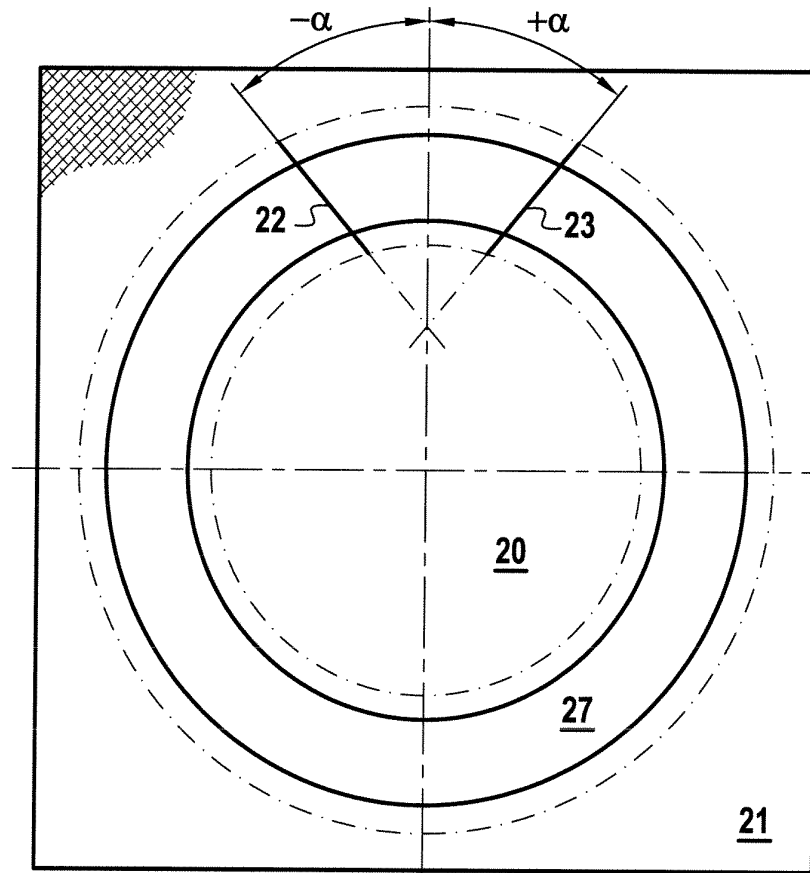


FIG. 1

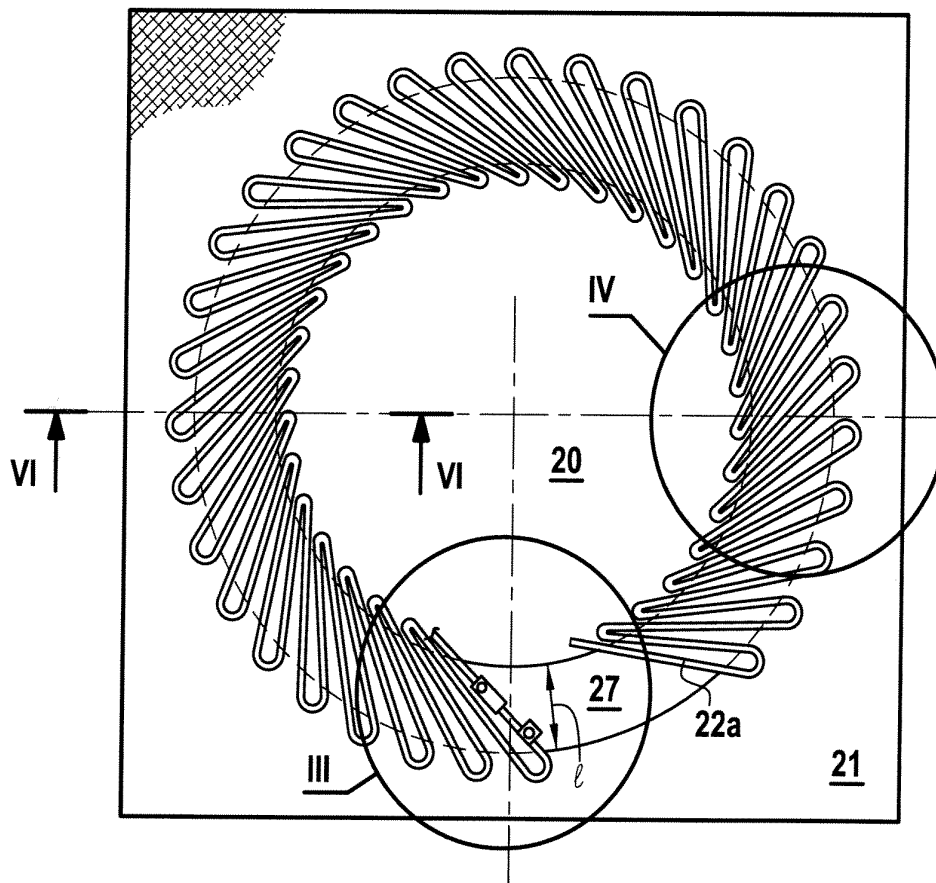
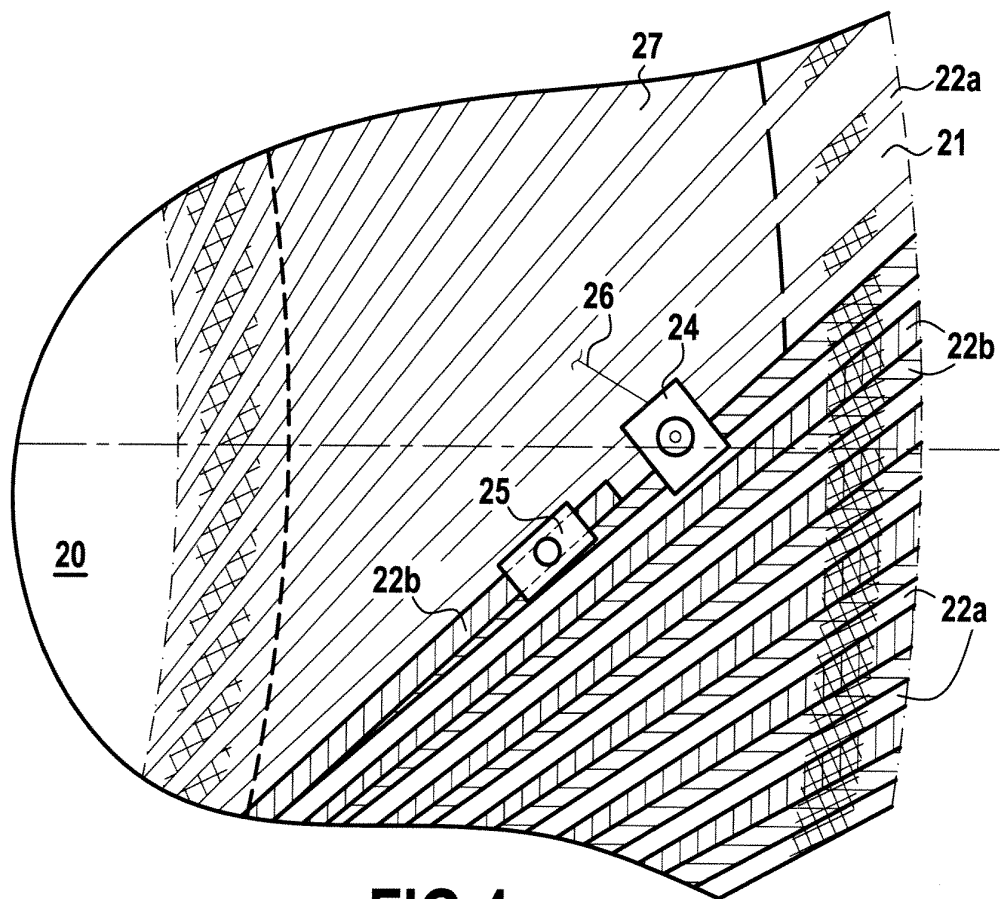
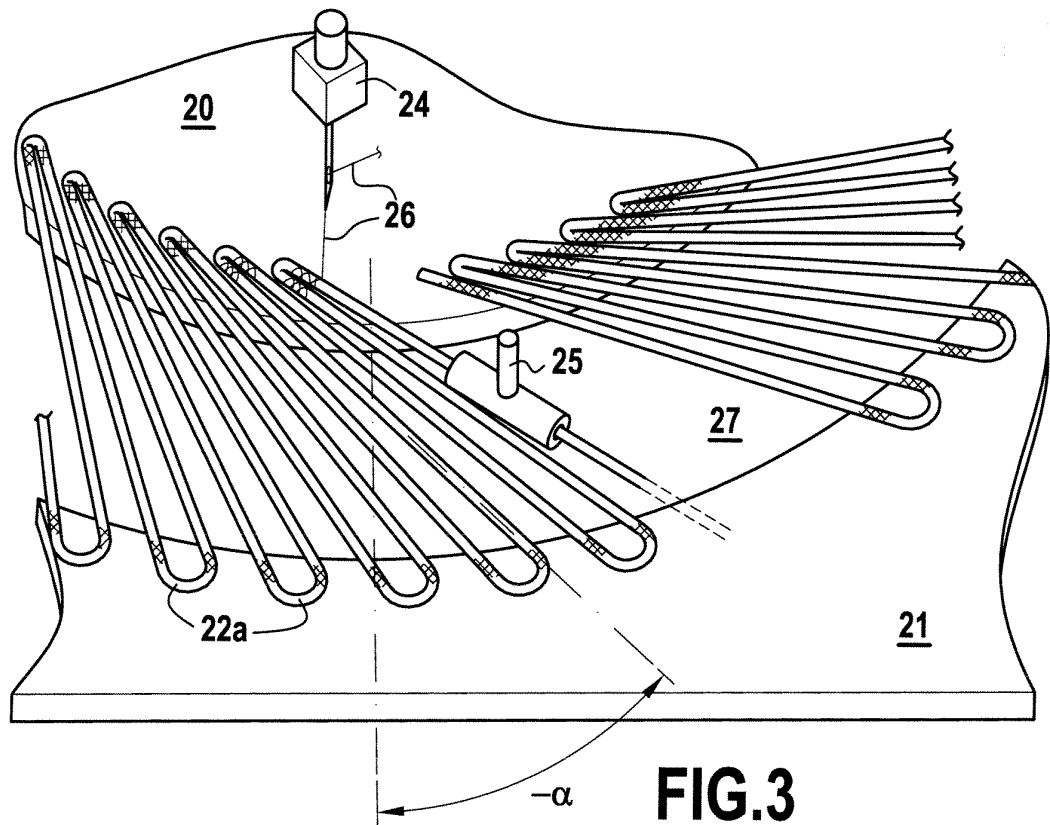
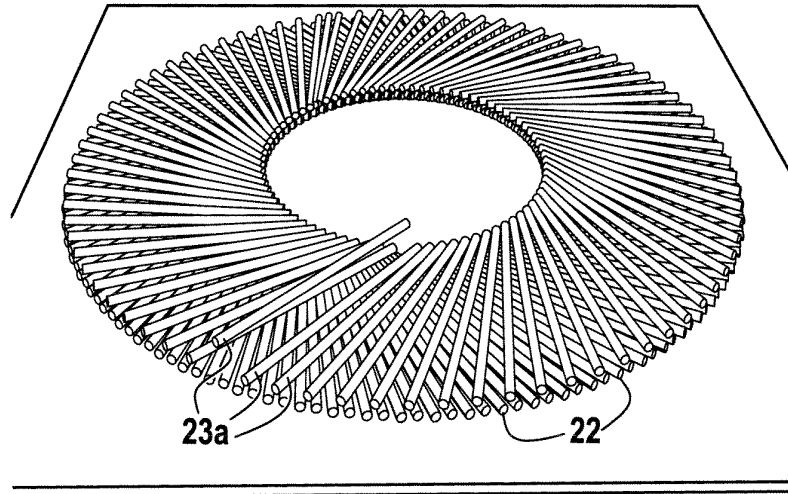


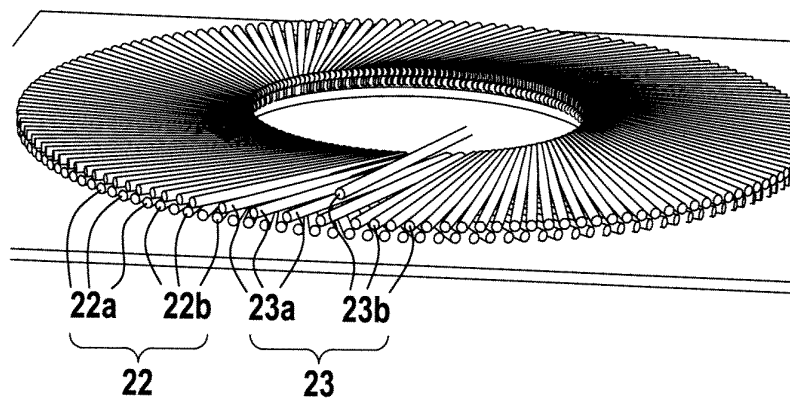
FIG. 2

2/13





**FIG. 5A**



**FIG. 5B**

4/13

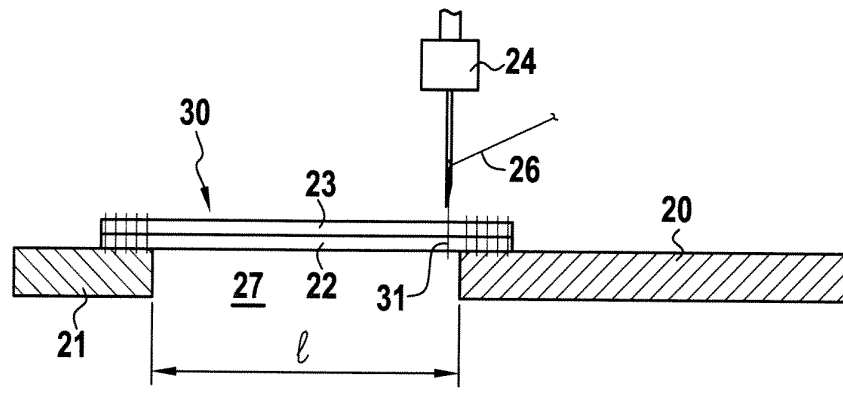


FIG. 6

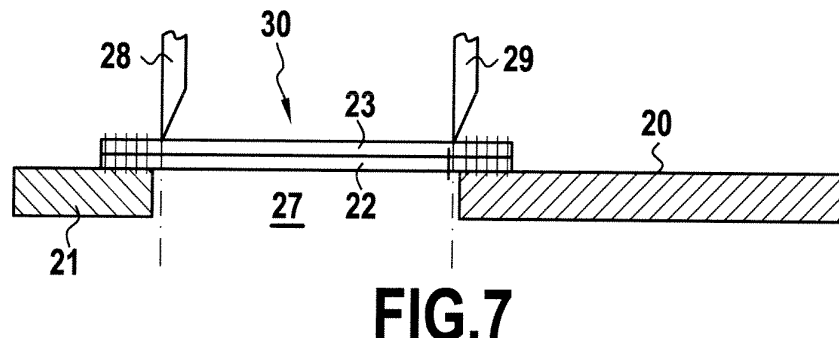


FIG. 7

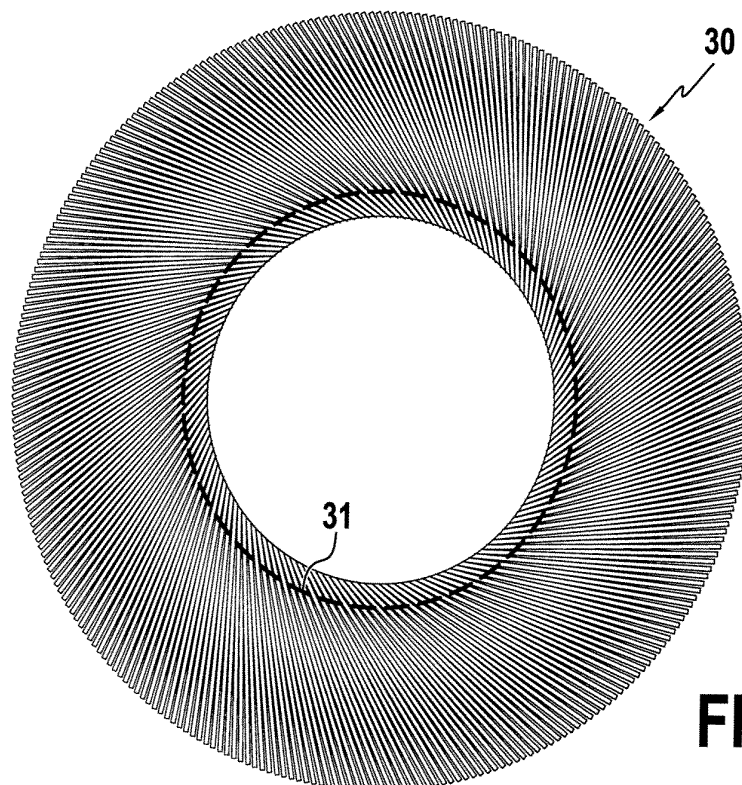


FIG. 8

5/13

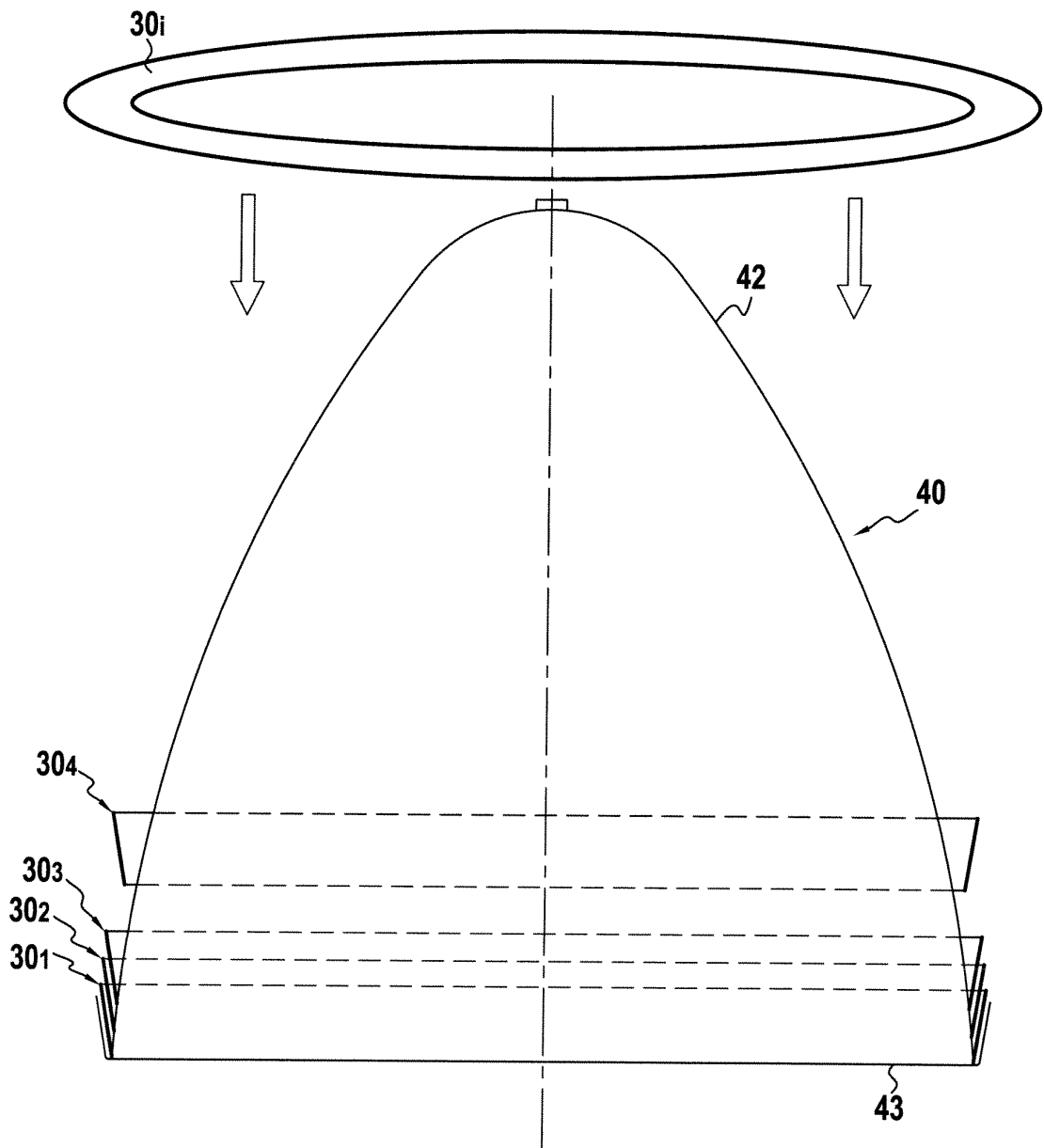


FIG. 9

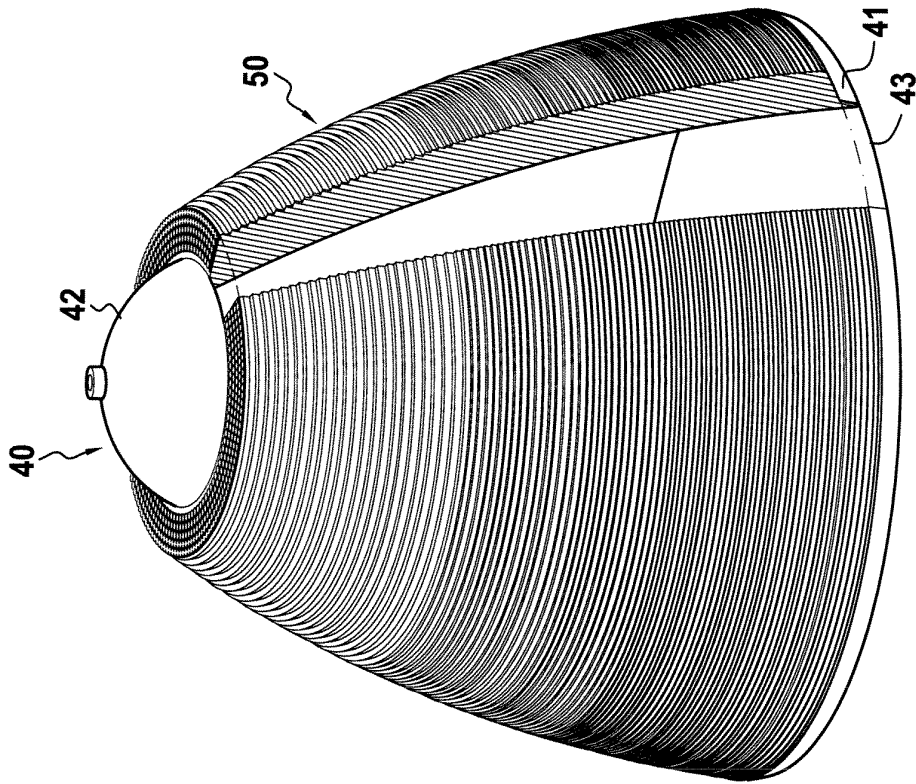


FIG. 11

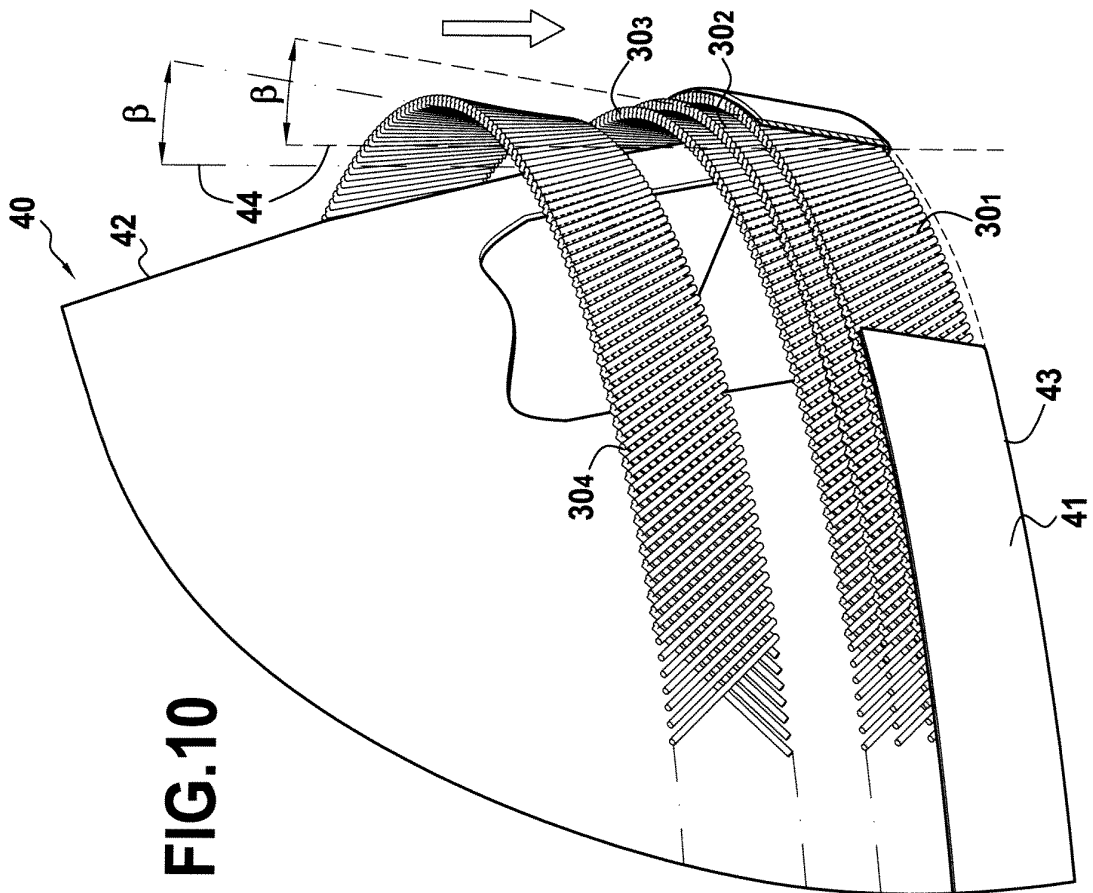
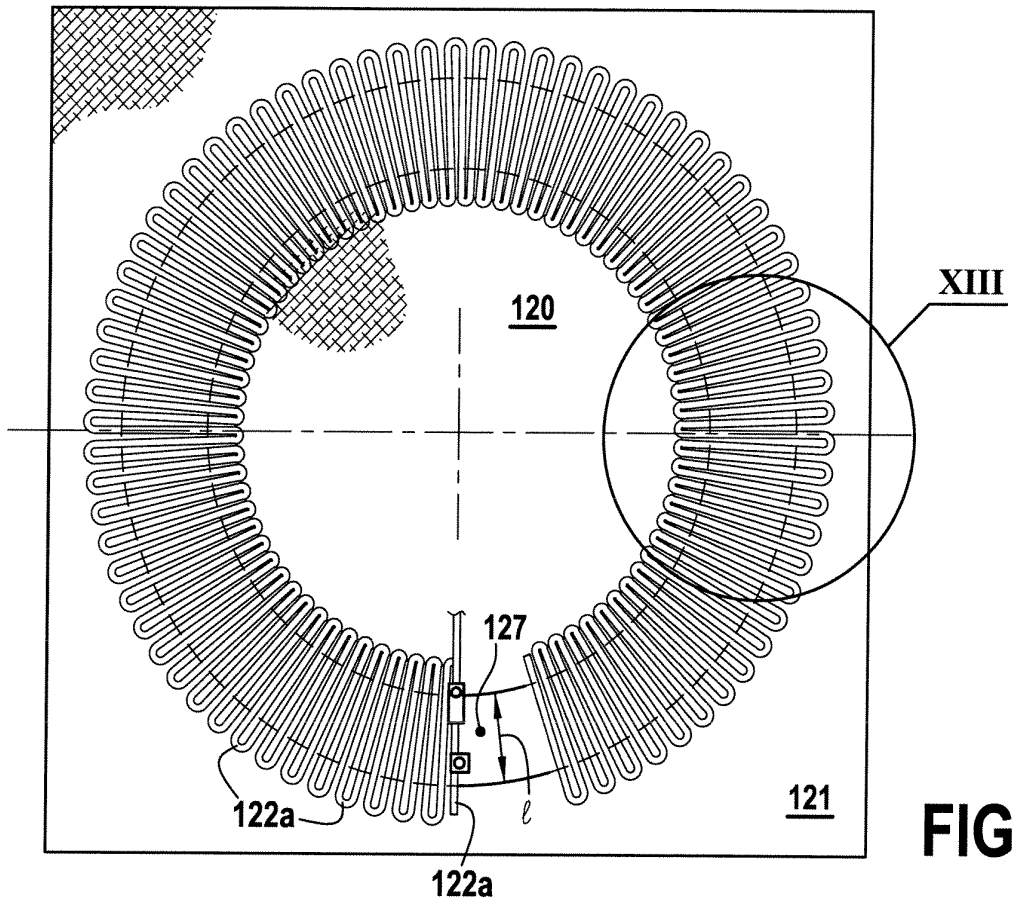
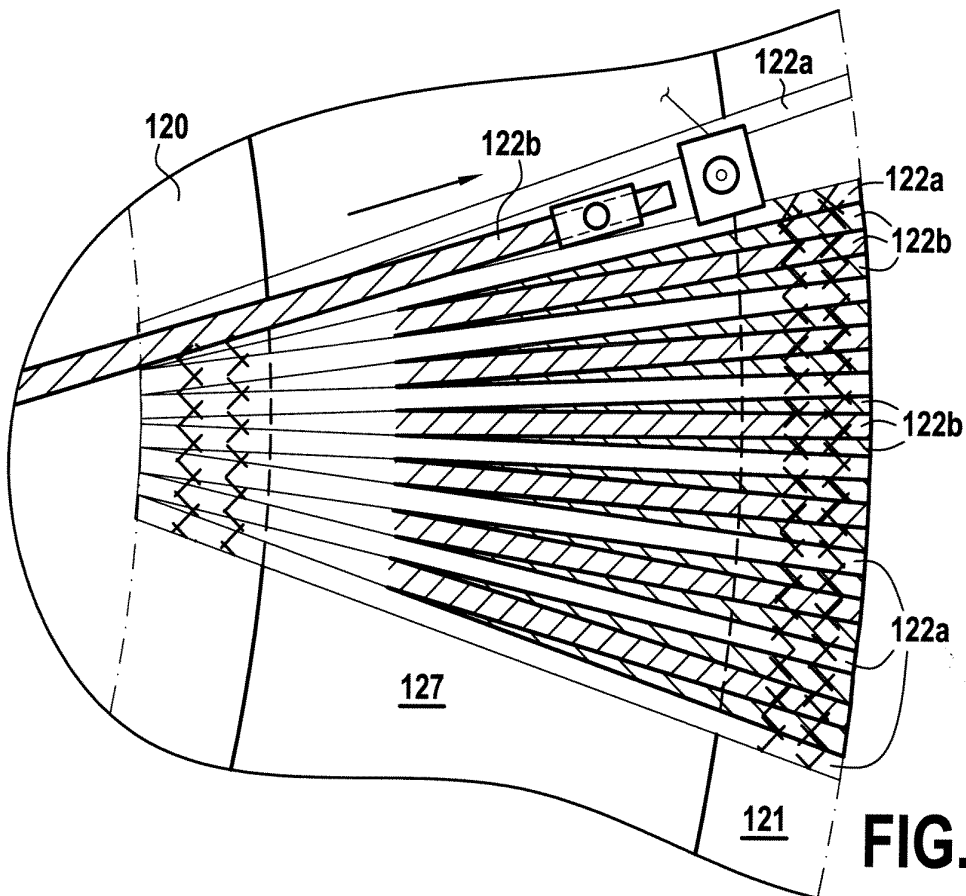


FIG. 10

7/13



**FIG. 12**



**FIG. 13**

8/13

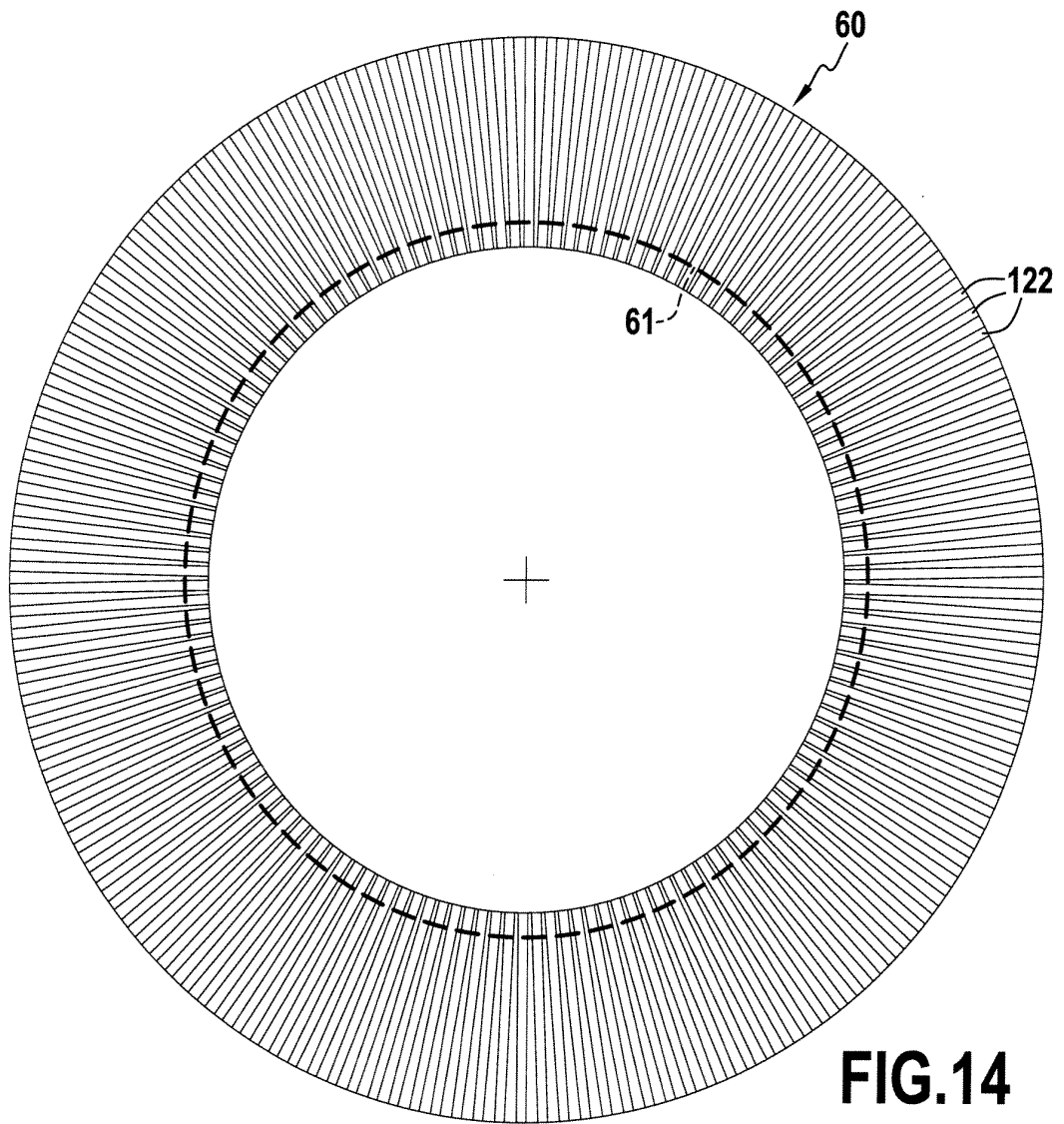


FIG. 14

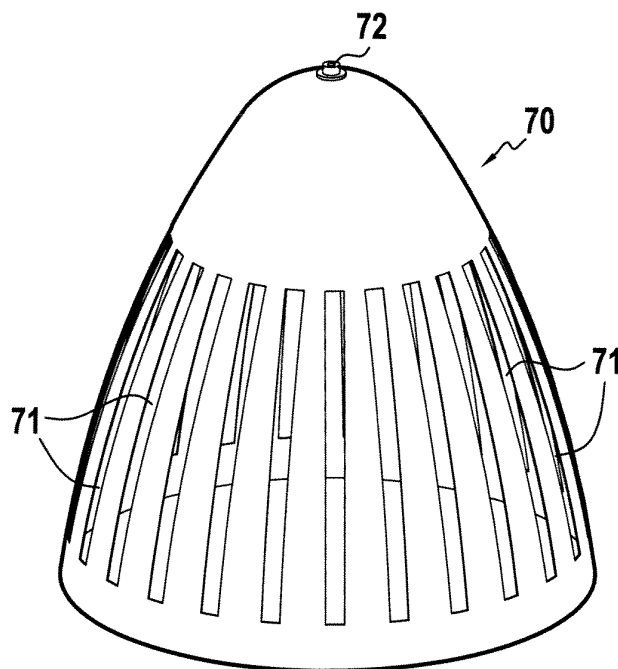


FIG. 15

9/13

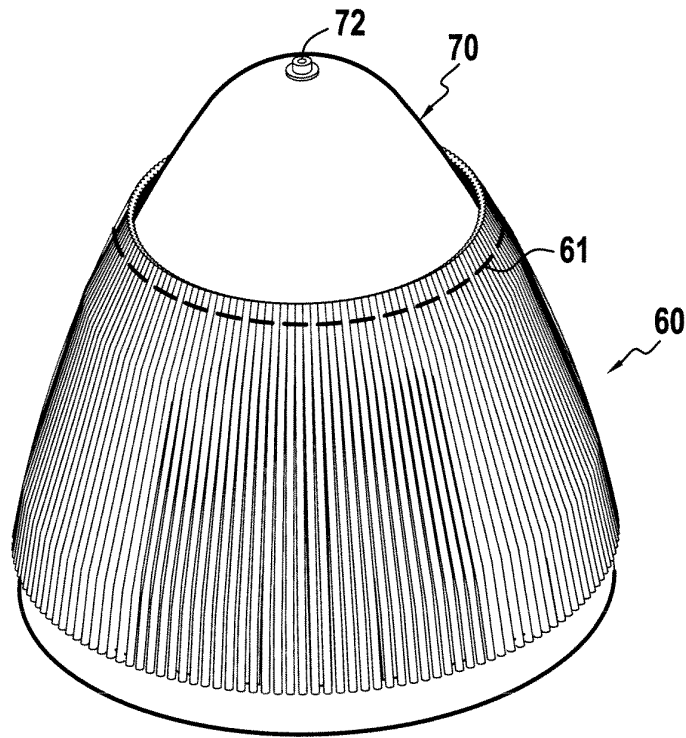


FIG. 16

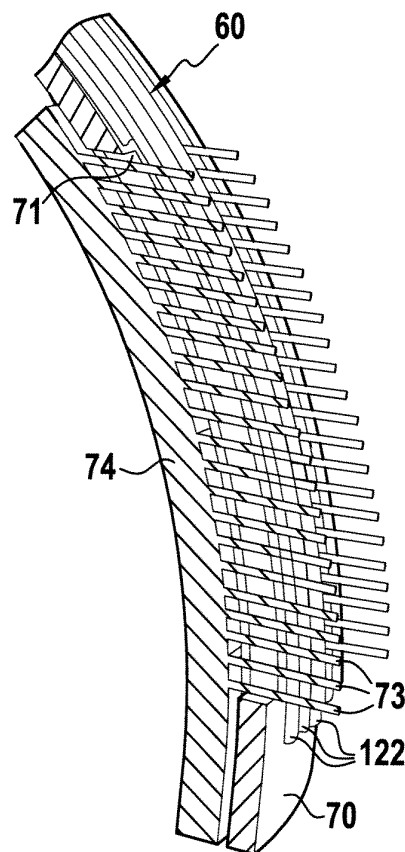


FIG. 17

10/13

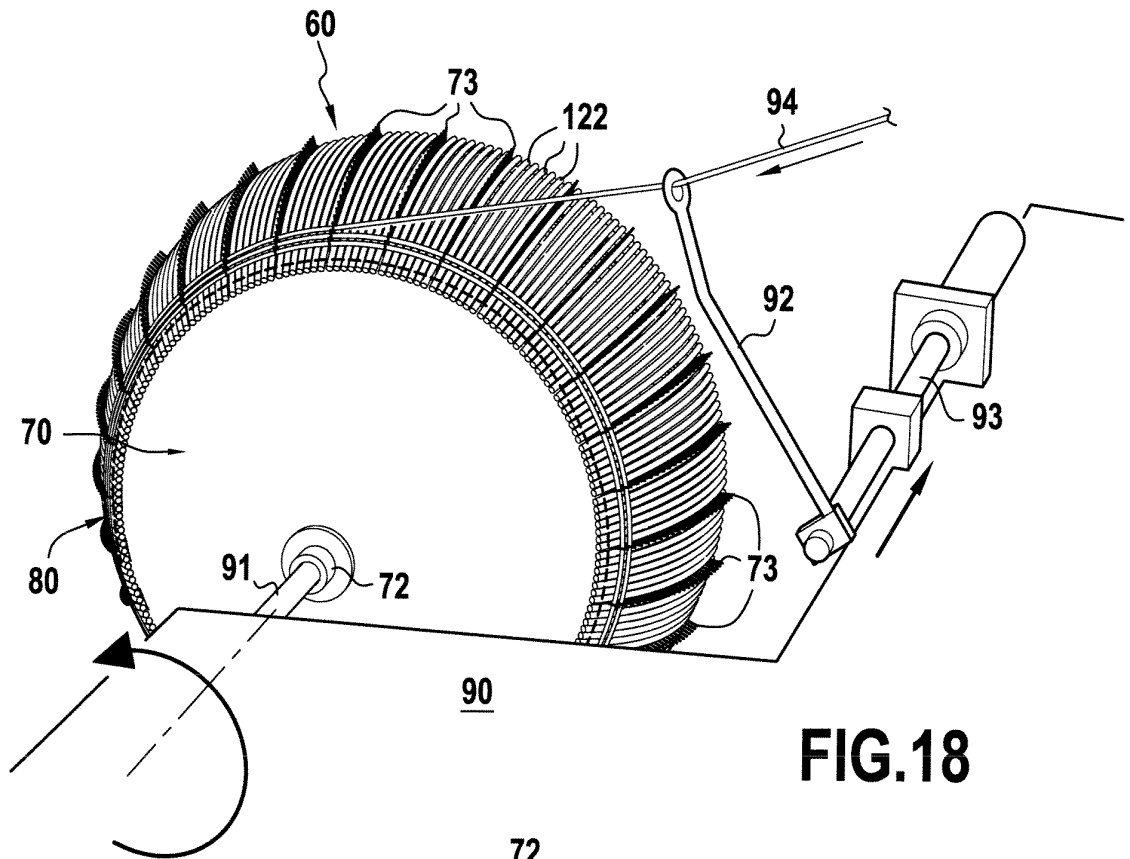


FIG. 18

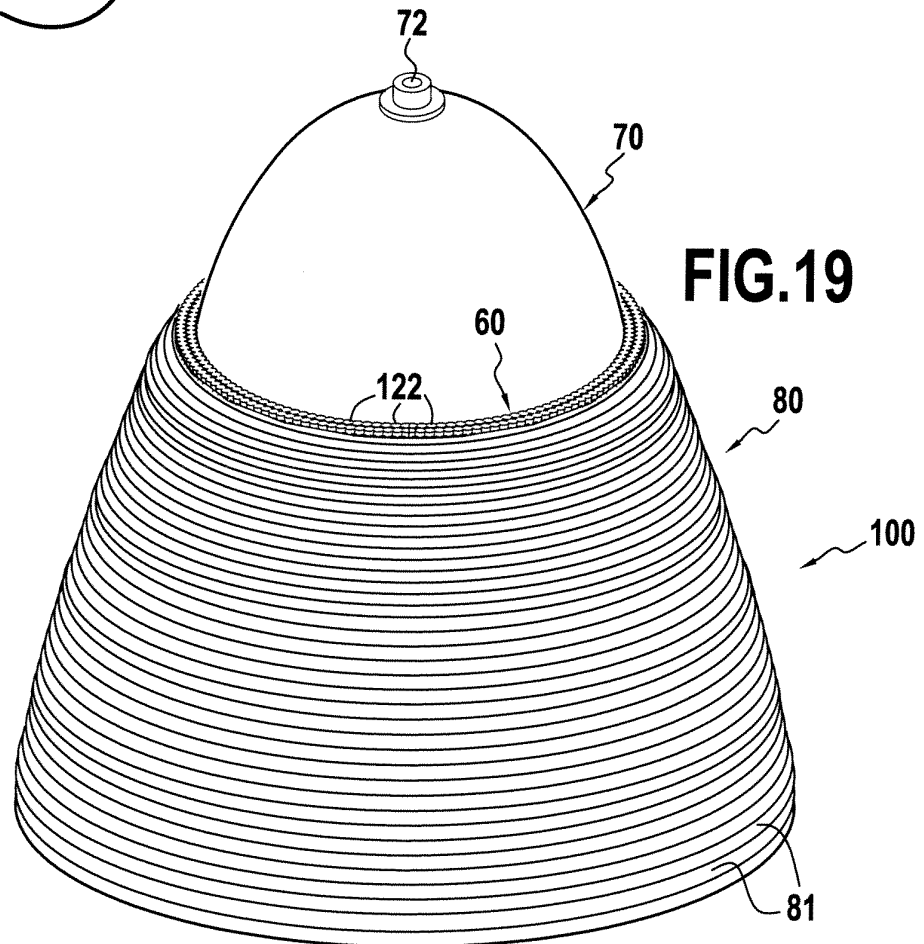
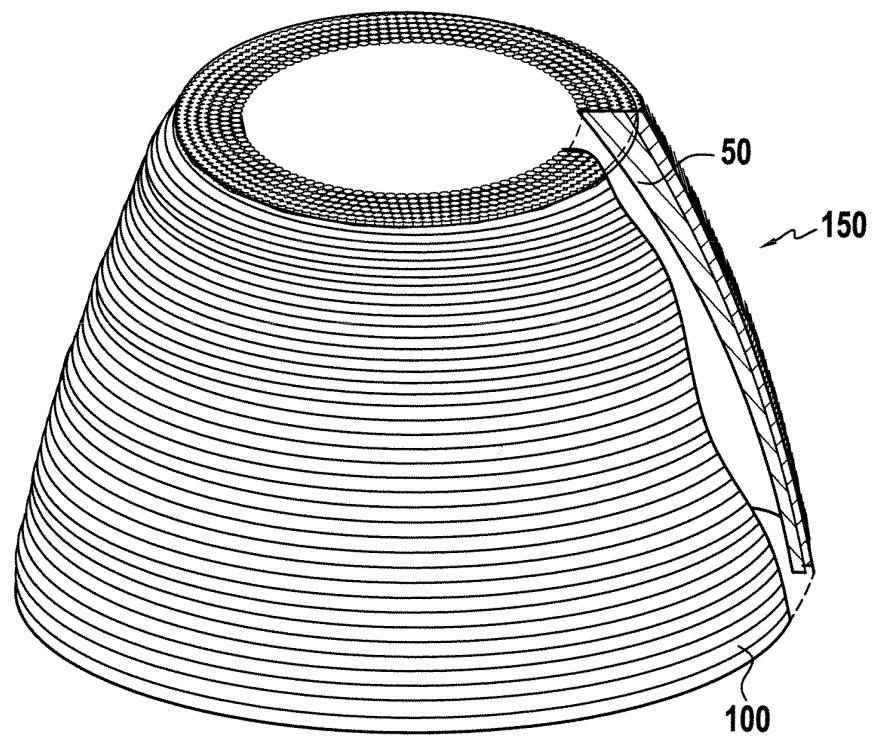


FIG. 19



**FIG.20**

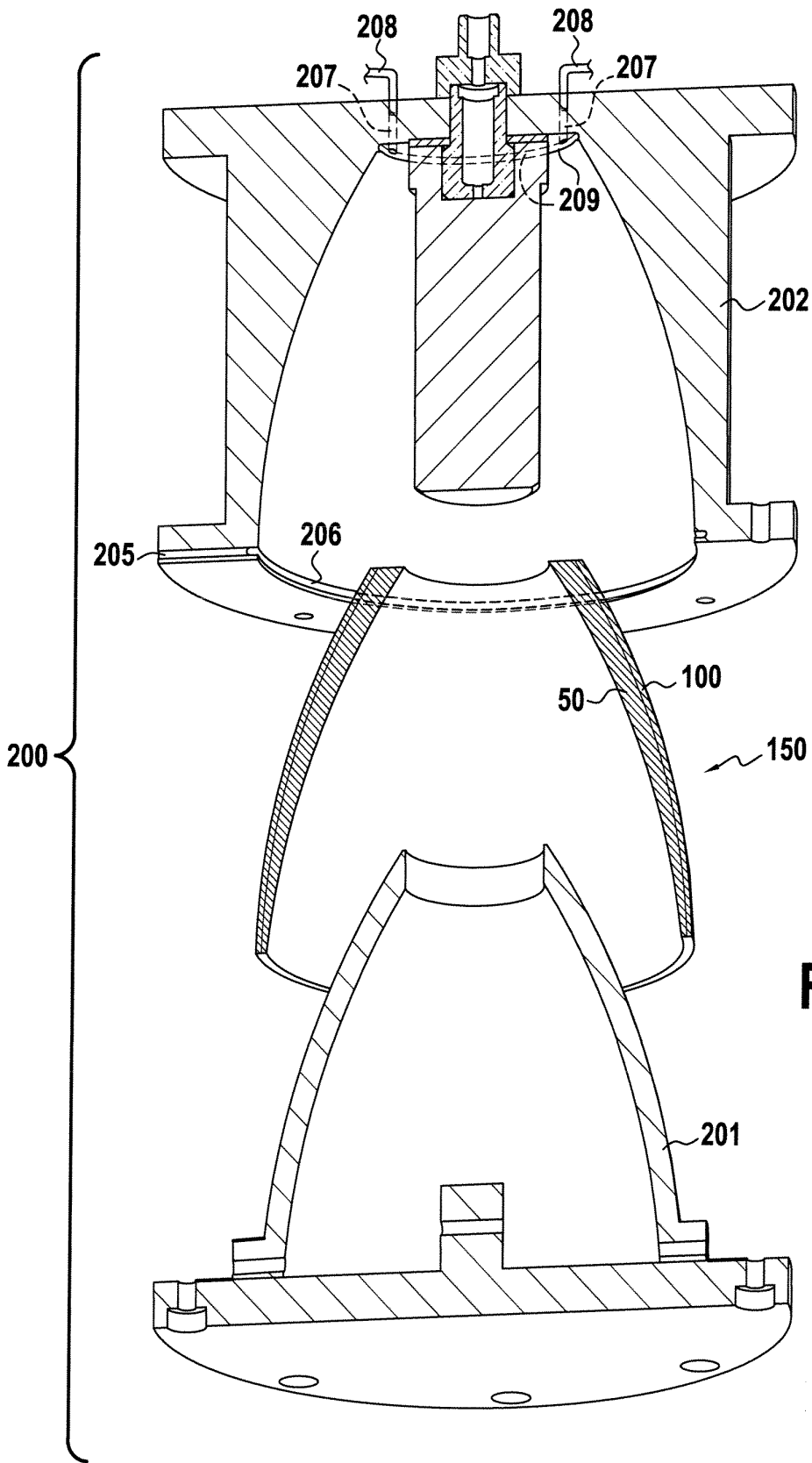


FIG. 21





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 689649  
FR 0655553

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS   |   | Revendication(s)<br>concernée(s)   | Classement attribué<br>à l'invention par l'INPI |
|---|---|--|---|
| Catégorie   | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes  |  |   |
| Y   | WO 2006/064167 A (SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR]; BOUTEFEU BRIGITTE [FR]; DAUCHIER MARTIN) 22 juin 2006 (2006-06-22)<br>* page 1, ligne 12-15 *<br>* page 2, ligne 7-9 * | 1-7,9,<br>11,13-18   | B29C70/48<br>F02K9/97<br>B29B11/16              |
| A   | * page 3, ligne 10-15 *<br>* page 5, ligne 30-33 *<br>* page 6, ligne 19-22 *<br>* page 7, ligne 11-26; revendications 1,3; figures 3-5 *                               | 8,10,12  |   |
| Y   | WO 99/21697 A (DOW CHEMICAL CO [US]; DOW UNITED TECH COMPOSITE PROD [US]) 6 mai 1999 (1999-05-06)<br>* page 1, ligne 21-24; revendications 1,3,4 *                      | 1-7,9,<br>11,13-18   | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHÉS (IPC)         |
| A   | DE 103 20 791 A1 (AIRBUS GMBH [DE]; FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 18 novembre 2004 (2004-11-18)<br>* revendications 1,3; figure 1 *                                    | 1,13,15,<br>16   |   |
| A   | FR 2 184 594 A1 (VULKAN KUPPLUNG GETRIEBE [DE]) 28 décembre 1973 (1973-12-28)<br>* revendication 1; figure 1 *  | 1,7  | B29C<br>F01N                                    |
| A   | US 5 876 322 A (PIRAMOON ALIREZA [US]) 2 mars 1999 (1999-03-02)<br>* revendications 1-7; figures 5-7 *  | 1  |   |
| A   | DE 100 36 169 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 21 février 2002 (2002-02-21)<br>* alinéa [0007]; figure 1 *   | 1  |   |
| Date d'achèvement de la recherche   |   | Examineur  |   |
| 17 juillet 2007   |   | Foulger, Caroline  |   |
| <p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br/>A : arrière-plan technologique<br/>O : divulgation non-écrite<br/>P : document intercalaire</p> |   | <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>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.<br/>D : cité dans la demande<br/>L : cité pour d'autres raisons<br/>.....<br/>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |   |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0655553 FA 689649**

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 17-07-2007

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<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| WO 2006064167 A                                 | 22-06-2006             | FR 2879498 A1                           | 23-06-2006             |
| WO 9921697 A                                    | 06-05-1999             | AU 9591398 A                            | 17-05-1999             |
|   |                        | DE 69814129 D1                          | 05-06-2003             |
|   |                        | DE 69814129 T2                          | 01-04-2004             |
|   |                        | EP 1027206 A1                           | 16-08-2000             |
|   |                        | US 6096669 A                            | 01-08-2000             |
| DE 10320791 A1                                  | 18-11-2004             | AUCUN                                   |                        |
| FR 2184594 A1                                   | 28-12-1973             | DE 2223663 A1                           | 29-11-1973             |
|   |                        | GB 1367045 A                            | 18-09-1974             |
|   |                        | JP 49025340 A                           | 06-03-1974             |
| US 5876322 A                                    | 02-03-1999             | AUCUN                                   |                        |
| DE 10036169 A1                                  | 21-02-2002             | AUCUN                                   |                        |