

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication : **2 921 013**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **07 06491**

51) Int Cl⁸ : **B 60 C 7/00** (2006.01), **B 60 C 7/22**, **B 60 B 5/02**

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 14.09.07.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.03.09 Bulletin 09/12.

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) : *SOCIETE DE TECHNOLOGIE MICHELIN Société par actions simplifiée — FR et MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE SA — CH.*

72) Inventeur(s) : DELFINO ANTONIO, MERALDI JEAN PAUL et POZO FRANCOIS.

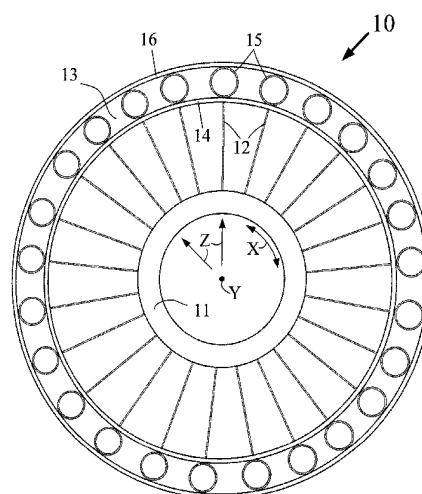
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN.

54) ROUE ELASTIQUE NON PNEUMATIQUE.

57) Roue (10) élastique non pneumatique, supportée structurellement, définissant trois directions perpendiculaires, circonférentielle (X), axiale (Y) et radiale (Z), cette roue comportant au moins:

- o un moyeu (11);
- o une bande annulaire dite de cisaillement (13) comprenant au moins une membrane circonférentielle interne (14) et une membrane circonférentielle externe (16) orientées selon la direction circonférentielle X;
- o une pluralité d'éléments de support (12) connectant le moyeu (11) à la membrane circonférentielle interne (14), et étant caractérisée en ce que:
 - o les deux membranes (14, 16) sont connectées entre elles par l'intermédiaire d'une série s'étendant dans la direction circonférentielle (X) de cylindres (15) dits cylindres de connexion, lesdits cylindres de connexion (15) étant non jointifs selon la direction circonférentielle X et ayant leur génératrice orientée selon la direction axiale Y;
 - o les cylindres de connexion (15) sont des cylindres composites comportant des fibres noyées dans une matrice de résine.



FR 2 921 013 - A1



5 DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention est relative à des produits stratifiés, c'est-à-dire à des produits faits de plusieurs couches ou bandes de forme plane ou non plane qui sont reliées entre elles, par exemple du type cellulaire ou nid d'abeilles.

10

L'invention est plus particulièrement relative aux roues élastiques (flexibles) pour véhicules automobiles du type « non-pneumatiques », c'est-à-dire ne nécessitant pas de gaz de gonflage tels que l'air pour prendre leur forme utilisable, et à l'incorporation dans de telles roues de produits stratifiés composites dont tout ou partie est constituée de fibres enrobées dans une

15

matrice de résine.

ETAT DE LA TECHNIQUE

20

Les bandages ou roues flexibles non pneumatiques sont bien connus de l'homme du métier. Ils ont été décrits dans de très nombreux documents brevets, par exemple dans les brevets ou demandes de brevet EP 1 242 254 (ou US 6 769 465), EP 1 359 028 (ou US 6 994 135), EP 1 242 254 (ou US 6 769 465), US 7 201 194, WO 00/37269 (ou US 6 640 859), WO 2007/085414.

25

De tels bandages non pneumatiques, lorsqu'il sont associés à tout élément mécanique rigide destiné à assurer la liaison entre le bandage flexible et le moyeu d'une roue, remplacent l'ensemble constitué par le bandage pneumatique, la jante et le disque tels qu'on les connaît sur la plupart des véhicules routiers actuels.

30

En particulier, le brevet US 7 201 194 précité décrit un bandage non pneumatique, supporté structurellement (sans pression interne), qui a pour caractéristique essentielle de comporter une bande annulaire de renfort qui supporte la charge sur le bandage et une pluralité d'éléments de support ou rayons, à très faible rigidité de compression, qui travaillent en

35

tension pour transmettre les efforts entre la bande annulaire et le moyeu de la roue.

40

Cette bande annulaire (ou bande de cisaillement) comporte deux membranes formées de câblés essentiellement inextensibles, enrobés de caoutchouc naturel ou synthétique, séparées par une couche de cisaillement elle-même en caoutchouc. Le principe de fonctionnement d'une telle bande est que le module de cisaillement de la couche de cisaillement est très

nettement inférieur au module en extension des deux membranes, tout en étant suffisant pour pouvoir transmettre correctement les efforts d'une membrane à l'autre et faire travailler ainsi ladite bande en cisaillement.

5 Grâce à cette bande annulaire, il est possible de fabriquer des bandages ou roues non pneumatiques, aptes à rouler dans des conditions sévères ou agressives sans risque aucun de crevaison et sans l'inconvénient de devoir maintenir une pression d'air à l'intérieur du bandage.

10 En outre, comparativement aux bandages non pneumatiques de l'art antérieur, est obtenue ici une pression de contact au sol qui est plus uniformément répartie, d'où un meilleur travail du bandage, une tenue de route et une résistance à l'usure améliorées.

Toutefois, une telle bande de cisaillement en caoutchouc n'est pas dépourvue d'inconvénients.

15

Tout d'abord, aux températures usuelles d'utilisation, par exemple entre - 30°C et + 40°C, elle est relativement hystérique, c'est-à-dire qu'une partie de l'énergie fournie pour le roulage est dissipée (perdue) sous forme de chaleur. Ensuite, pour des températures d'utilisation notamment plus basses, comme celles que l'on peut trouver par exemple dans des zones géographiques de type polaires, typiquement inférieures à - 50°C voire moins, il est bien connu que le caoutchouc devient rapidement fragile, cassant et donc inutilisable. Sous de telles conditions extrêmes, on comprend d'autre part que des fluctuations plus ou moins larges et rapides de température, combinées par exemple à des contraintes mécaniques relativement élevées, pourraient aussi entraîner des problèmes d'adhésion entre les deux membranes et la couche de cisaillement, avec un risque de flambage localisé de la bande de cisaillement au niveau des membranes et d'endurance finalement dégradée.

25

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

30

Poursuivant leurs recherches, les Demanderesses ont trouvé une roue élastique non pneumatique, à base de matériau composite, qui permet de pallier au moins en partie les inconvénients précités.

35

Ainsi, selon un premier objet, la présente invention concerne (en référence à la figure 1 annexée), une roue élastique non pneumatique (10), définissant trois directions perpendiculaires, circonférentielle (X), axiale (Y) et radiale (Z), ladite roue comportant au moins :

40

- o un moyeu (11) ;

- une bande annulaire dite de cisaillement (13) comprenant au moins une membrane circonférentielle interne (14) et une membrane circonférentielle externe (16) orientées selon la direction circonférentielle X ;
- une pluralité d'éléments de support (12) connectant le moyeu (11) à la membrane circonférentielle interne (14),

et étant caractérisée en ce que :

- les deux membranes (14, 16) sont connectées entre elles par l'intermédiaire d'une série s'étendant dans la direction circonférentielle (X) de cylindres (15) dits cylindres de connexion, lesdits cylindres de connexion (15) étant non jointifs selon la direction circonférentielle X et ayant leur génératrice orientée selon la direction axiale Y ;
- les cylindres de connexion (15) sont des cylindres composites comportant des fibres noyées dans une matrice de résine.

Cette roue élastique non pneumatique de l'invention possède une structure cellulaire déformable, très aérée, qui s'est révélée présenter, de manière inattendue, une résistance élevée aux efforts en flexion et/ou compression et une haute endurance à de tels efforts répétés ou alternés. Elle présente l'avantage d'être non hystérétique.

En outre, selon un mode de réalisation particulièrement préférentiel, lorsque sa bande annulaire de cisaillement est notamment constituée d'un matériau composite à base de fibres de verre et/ou de fibres de carbone noyées dans une résine thermodurcissable du type polyester ou vinylester, cette roue s'est révélée par ailleurs non seulement capable de résister à des températures extrêmement basses mais aussi apte à être utilisée dans un très large gamme de températures s'étendant typiquement de - 250°C jusqu'à + 150°C.

L'invention ainsi que ses avantages seront aisément compris à la lumière de la description détaillée et des exemples de réalisation qui suivent, ainsi que des figures relatives à ces exemples qui schématisent (sans respect d'une échelle spécifique) :

- en coupe radiale, une roue élastique non pneumatique selon un premier mode de réalisation de l'invention (Fig. 1) ;
- en coupe transversale, une portion de la bande annulaire de cisaillement de la roue de la Fig. 1, représentée à plat (Fig. 2) ;
- une vue en perspective de la coupe transversale de la Fig. 2 précédente (Fig. 3) ;
- en coupe radiale, une roue élastique non pneumatique selon un autre mode de réalisation de l'invention (Fig. 4) ;
- en coupe transversale, une portion de la bande annulaire de cisaillement de la roue de la Fig. 4 précédente, représentée à plat (Fig. 5) ;

- une vue en perspective de la coupe transversale de la Fig. 5 précédente (Fig. 6) ;
- en coupe radiale, une roue élastique non pneumatique selon un autre mode de réalisation de l'invention (Fig. 7) ;
- une vue complète en perspective d'un exemple de roue élastique non pneumatique selon l'invention (Fig. 8).

DEFINITIONS

10 Dans la présente description, sauf indication expresse différente, tous les pourcentages (%) indiqués sont des % en masse.

D'autre part, dans la présente demande, on entend par :

- 15 - "composite", en parlant d'un matériau ou objet quelconque : un matériau ou objet comportant des fibres, courtes ou continues, enrobées dans une matrice de résine ;
- "couche" ou "bande" : une feuille ou tout autre élément d'épaisseur relativement faible par rapport à ses autres dimensions, cette couche pouvant être ou non de nature homogène ou cohésive ;
- 20 - "cylindre", tout cylindre creux (i.e., sans fond) au sens le plus large du terme, c'est-à-dire tout objet de forme cylindrique de section droite (orthonormale) quelconque, c'est-à-dire dont le contour définit une ligne fermée sans point d'inflexion (cas par exemple d'une section circulaire, ovale, elliptique) ou avec point(s) d'inflexion ; selon une telle définition, on comprendra que des termes tels que tube, tube cylindrique, portion de tube cylindrique, élément tubulaire, colonne tubulaire, élément cylindrique désignent tous ledit "cylindre" ;
- 25 - "fibres unidirectionnelles", un ensemble de fibres essentiellement parallèles entre elles, c'est-à-dire orientées selon un même axe ;
- "non pneumatique", en parlant d'une roue ou d'un bandage : une roue ou un bandage conçu(e) pour être capable de porter une charge substantielle sans pression de gonflage, c'est-à-dire ne nécessitant pas un gaz de gonflage tel que l'air pour prendre sa forme utilisable et supporter la charge ;
- 30 - "orienté selon un axe ou une direction" en parlant d'un élément quelconque tel qu'une bande, une fibre ou autre élément de renforcement longiligne, un élément qui est orienté sensiblement parallèlement à cet axe ou cette direction, c'est-à-dire faisant avec cet axe ou cette direction un angle ne s'écartant pas de plus de dix degrés (donc nul ou au plus égal à 10 degrés), préférentiellement pas de plus de cinq degrés ;
- 35 - "orienté perpendiculairement à un axe ou une direction" : en parlant d'un élément quelconque tel qu'une bande, une fibre ou autre élément de renforcement longiligne, un élément qui est orienté sensiblement perpendiculairement à cet axe ou cette direction,
- 40

c'est-à-dire faisant avec une perpendiculaire à cet axe ou cette direction un angle ne s'écartant pas de plus de dix degrés, préférentiellement pas de plus de cinq degrés ;

5 - "orienté radialement", en parlant d'un élément de roue (ou de bandage) : orienté selon une direction quelconque passant par l'axe de rotation de la roue (ou du bandage) et sensiblement perpendiculairement à cette direction, c'est-à-dire faisant avec une perpendiculaire à cette direction un angle ne s'écartant pas de plus de dix degrés, préférentiellement pas de plus de cinq degrés ;

10 - "orienté circonférentiellement", en parlant d'un élément de roue (ou de bandage) : orienté sensiblement parallèlement à la direction circonférentielle de la roue (ou du bandage), c'est-à-dire faisant avec cette direction un angle ne s'écartant pas de plus de dix degrés, préférentiellement pas de plus de cinq degrés ;

15 - "produit stratifié", au sens de la classification internationale des brevets : tout produit comportant au moins deux couches ou bandes, de forme plane ou non plane, qui sont liées, connectées entre elles ; l'expression "lié" ou "connecté" doit être interprétée de façon extensive de manière à inclure tous les moyens de liaison ou d'assemblage, par exemple par collage, clouage, rivetage, boulonnage ;

20 - "résine" : toute résine synthétique, de type thermoplastique ou de type thermodurcissable (encore dite pour cette dernière durcissable, polymérisable ou réticulable), et par extension toute composition, formulation à base de ladite résine et comportant en outre un ou plusieurs additifs tels que par exemple un agent durcissant.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

25 A titre d'exemple, la figure 1 représente de manière très schématique une coupe radiale (i.e., dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation Y de la roue) d'une roue élastique non pneumatique (10), supportée structurellement (i.e., grâce à une structure porteuse), dont la bande de cisaillement (13) circonférentielle est constituée par un produit stratifié.

30 Cette roue, définissant trois directions perpendiculaires, circonférentielle (X), axiale (Y) et radiale (Z), a pour caractéristique essentielle de comporter au moins :

- un moyeu (11) ;
- une bande annulaire dite de cisaillement (13) comprenant au moins une membrane circonférentielle interne (14) et une membrane circonférentielle externe (16) orientées
35 selon la direction circonférentielle X ;
- une pluralité d'éléments de support (12) ou "rayons de roue" connectant le moyeu (11) à la membrane circonférentielle interne (14),

40 et elle est caractérisée en ce que :

- les deux membranes (14, 16) sont connectées entre elles par l'intermédiaire d'une série s'étendant dans la direction circonférentielle (X) de cylindres (15) dits cylindres de connexion, lesdits cylindres de connexion (15) étant non jointifs selon la direction circonférentielle X et ayant leur génératrice orientée selon la direction axiale Y ;
- les cylindres de connexion (15) sont des cylindres composites comportant des fibres noyées dans une matrice de résine.

En d'autres termes, l'axe (génératrice) des cylindres de connexion est aligné parallèlement à l'axe Y de rotation de la roue, tout au moins dans la structure de la roue non déformée (au repos). Ces cylindres de connexion (15) ont en outre pour caractéristique d'être des cylindres en matériau composite, c'est-à-dire de comporter des fibres noyées (ou enrobées, les deux étant considérés comme synonymes) dans une matrice de résine.

La bande de cisaillement (13) de la roue élastique non pneumatique de l'invention forme ainsi une structure creuse, très alvéolée, que l'on peut qualifier de "cellulaire" en ce sens qu'aucune autre matière n'est nécessaire (comme illustré à la Fig. 1) entre les deux membranes et les cylindres de connexion (creux et sans fond, par définition).

Cette structure cellulaire déformable, utilisée comme une poutre élastique non plane, s'est révélée présenter, de manière inattendue, une résistance élevée aux efforts en flexion-compression et une haute endurance à de tels efforts répétés ou alternés, ceci grâce à sa capacité à générer une déformation assimilable à du cisaillement entre ses deux membranes sous l'action de diverses sollicitations en traction, flexion ou compression.

Grâce à ses cylindres de connexion (15) en matériau composite, la bande annulaire de cisaillement présente un potentiel de déformation important dans un domaine purement élastique. Les cylindres de connexion sont particulièrement endurants et présentent l'avantage d'un comportement purement élastique jusqu'à la rupture, sans déformation plastique, contrairement par exemple à une structure métallique qui connaît sous forte déformation un comportement plastique, i.e., irréversible, nuisible de manière connue à l'endurance. Cette propriété avantageuse s'applique également aux membranes (14, 16) lorsque ces dernières sont elles aussi en matériau composite (fibres/ résine).

Comparativement à une structure en métal, on obtient ainsi une structure plus endurante, nettement plus légère (densité du composite proche de 2) et résistant en outre à la corrosion.

Les fibres des cylindres de connexion (15) peuvent être des fibres continues ou des fibres courtes, on préfère utiliser des fibres continues. Pour une meilleure résistance des cylindres,

ces fibres sont plus préférentiellement unidirectionnelles et orientées circonférentiellement dans un plan radial (perpendiculaire à l'axe Y).

5 Les cylindres de connexion (15) travaillent essentiellement en flexion. Selon l'axe circonférentiel de leurs fibres de renforcement, ils présentent un module en extension (ASTM D 638) et en flexion (ASTM D 790) qui sont de préférence supérieurs à 15 GPa, plus préférentiellement supérieurs à 30 GPa, notamment compris entre 30 et 50 GPa.

10 L'invention s'applique aux cas où les deux membranes pourraient être constituées d'un matériau autre que celui des cylindres, par exemple en métal ou en polymère.

15 Toutefois, selon un mode de réalisation préférentiel, les membranes interne (14) et externe (16) (appelées plutôt "semelles" par l'homme du métier dans le domaine des produits stratifiés composites) sont des membranes elles aussi composites comportant des fibres
20 noyées dans une matrice de résine. Ainsi, l'ensemble de la structure de base de la bande annulaire de cisaillement (13), constitué par les deux membranes (14, 16) et leur pluralité de cylindres de connexion (15), est en matériau composite. De préférence, ces fibres des membranes (14, 16) sont des fibres continues ; plus préférentiellement, ces fibres continues sont unidirectionnelles, orientées parallèlement à la direction principale X afin que les membranes aient un maximum de résistance en traction dans la direction principale X.

25 Dans cette direction X, les deux membranes ou semelles présentent un module en extension (ASTM D 638) qui est de préférence supérieur à 15 GPa, plus préférentiellement supérieur à 30 GPa (par exemple entre 30 et 50 GPa).

30 Les cylindres de connexion (15) et les membranes (14, 16) le cas échéant composites peuvent être constitués d'une seule couche filamenteuse ou de plusieurs couches filamenteuses élémentaires superposées dont les fibres sont toutes orientées selon la direction principale X. Dans cette structure multicouches peuvent être intercalées une ou plusieurs autres couches
35 additionnelles de fils croisés, notamment orientés selon l'axe Y (génératrice des cylindres), ceci afin de renforcer la structure latéralement et ainsi, selon un terme consacré dans le métier des composites, équilibrer la structure d'ensemble.

40 Selon un autre mode de réalisation préférentiel, les cylindres de connexion (15) ont un diamètre D qui est sensiblement constant selon une direction Z dite radiale, normale à la direction X et à l'axe Y, de manière à maintenir les membranes externe (16) et interne (14) sensiblement (i.e., à peu près) équidistantes.

Selon un autre mode de réalisation possible de l'invention, les cylindres (15) peuvent également avoir un diamètre D qui est linéairement variable dans la direction principale X,

lorsqu'on souhaite une structure dans laquelle la distance entre les deux bandes est susceptible de varier progressivement selon l'axe principal X.

5 Comme déjà indiqué, la définition des cylindres (15) n'étant pas limitée à des cylindres de section droite circulaire, le terme "diamètre" doit être considéré ici, de manière extensive, comme la dimension du cylindre (épaisseur comprise) dans la direction radiale Z.

10 L'homme du métier saura, en fonction des applications particulières visées, ajuster les dimensions particulières de la bande annulaire de cisaillement, des cylindres de connexion (15) et des membranes (14, 16), leur arrangement relatif, aux dimensions de la roue élastique non pneumatique visée. La dimension D par exemple permet d'ajuster la raideur en flexion des cylindres de connexion.

15 Pour plus de détail, la figure 2 schématise, en coupe transversale (ou radiale), une portion de la bande annulaire de cisaillement (13) de la roue (10) de la figure 1 tandis que la figure 3 donne une vue schématique en perspective de cette même coupe transversale de la figure 2. Dans les deux cas, pour simplifier le schéma, cette portion de la bande annulaire de cisaillement a été représentée à plat (axe X circonférentiel représenté rectiligne).

20 Une caractéristique essentielle de la bande annulaire de cisaillement (13) est que ses cylindres de connexion (15) sont non jointifs dans la direction circonférentielle (X) afin qu'ils puissent se déformer et travailler en flexion.

25 De préférence, le rapport d/D est compris entre 0,10 et 0,50, d représentant la distance moyenne d , mesurée selon la direction X, entre deux cylindres de connexion consécutifs, tel qu'illustré aux Fig. 2 et 3. Par distance moyenne, on entend une moyenne calculée sur l'ensemble des cylindres de connexion (15) présents dans la bande annulaire de cisaillement (13). Si d/D est inférieur à 0,10, on risque s'exposer à un certain manque de souplesse en cisaillement de la bande annulaire (13) alors que si d/D est supérieur à 0,50, un manque
30 d'uniformité de la déformation de flexion peut apparaître. Pour ces raisons, le rapport d/D est plus préférentiellement compris dans un domaine d'environ 0,15 à 0,40.

35 On notera à ce titre que, sur la figure 1 précédemment commentée comme sur la figure 4 qui suit, toutes deux très schématiques, les cylindres de connexion (15) et les rayons de roue (12) ont été représentés en nombre relativement réduit comparativement aux modes de réalisation préférentiels de l'invention, ceci dans un simple but de simplification des figures.

A titre d'exemples préférentiels de structures possibles pour la bande annulaire de cisaillement (13) de la roue élastique non pneumatique (10) selon l'invention, on a au moins

une quelconque, plus préférentiellement encore l'ensemble des caractéristiques suivantes qui est vérifié(e) :

- un diamètre D qui est compris entre 10 et 100 mm ;
- 5 - une distance moyenne d qui est comprise entre 1 et 50 mm ;
- une largeur L_m des membranes et une largeur L_c des cylindres, mesurées toutes deux dans une direction axiale (parallèle à l'axe Y), qui sont chacune comprises entre 5 et 200 mm ;
- 10 - une épaisseur E_m des membranes et une épaisseur E_c des cylindres (mesurées par exemple selon la direction radiale Z) qui sont chacune comprises entre 0,25 et 3 mm.

Ces caractéristiques préférentielles correspondent particulièrement au cas où la roue élastique non pneumatique de l'invention a un diamètre usuel pour une roue, par exemple compris entre 200 et 2000 mm.

15

Plus préférentiellement, pour les raisons indiquées ci-dessus, on a au moins une quelconque, plus préférentiellement encore l'ensemble des caractéristiques suivantes qui est vérifié(e) :

- un diamètre D qui est compris entre 15 et 45 mm ;
- 20 - une distance moyenne d qui est comprise entre 1,5 et 40 mm (notamment entre 3 et 40 mm, plus particulièrement entre 5 et 15 mm) ;
- une largeur L_m et une largeur L_c qui sont chacune comprises entre 20 et 100 mm ;
- une épaisseur E_m et une épaisseur E_c qui sont chacune comprises entre 0,5 et 2 mm.

25 Bien entendu, des valeurs D inférieures à 10 mm ou supérieures à 100 mm restent possibles en fonction des diamètres de roues envisagés.

30 Ainsi, à titre d'autres exemples de structures possibles de la bande annulaire de cisaillement de la roue élastique non pneumatique selon l'invention, on a au moins une quelconque, plus préférentiellement encore l'ensemble des caractéristiques suivantes qui est vérifié(e) :

- un diamètre D compris entre 10 et 100 cm, notamment entre 15 et 45 cm ;
- une distance moyenne d comprise entre 1 et 50 cm, notamment entre 1,5 et 40 cm ;
- une largeur L_m et une largeur L_c chacune comprises entre 5 et 200 cm, notamment
- 35 entre 20 et 100 cm ;
- une épaisseur E_m et une épaisseur E_c chacune comprises entre 0,25 et 3 cm, notamment entre 0,5 et 2 cm.

40 Les différentes pièces constitutives de la bande annulaire de cisaillement (13) de la roue élastique non pneumatique (10) de l'invention, en particulier les cylindres de connexion (15)

et les membranes interne (14) et externe (16) qui en constituent les pièces de base, peuvent être connectés directement entre elles grâce à des moyens de fixation chimiques, physiques ou mécaniques. A titre d'exemples de tels moyens de fixation, on citera par exemple des adhésifs, des rivets, boulons, agrafes, des ligatures ou coutures diverses. Les moyens de fixation mécanique tels que rivets ou boulons par exemple peuvent être en matériaux divers, tels que métal, alliage métallique, matière plastique ou encore en matériau composite (par exemple à base de fibres de verre et/ou de carbone).

Pour un meilleur ancrage, les cylindres de connexion (15) peuvent aussi pénétrer partiellement dans les membranes externe (16) et/ou internes (14) auxquelles ils sont connectés.

Selon un autre mode de réalisation possible, les cylindres de connexion (15) peuvent être connectés indirectement aux membranes externe (16) et interne (14), c'est-à-dire au moyen de pièces d'assemblage intermédiaires. Ces pièces intermédiaires ou "inserts" peuvent prendre différentes formes géométriques, par exemple en forme de parallélépipède, de queue d'aronde, en forme de "I", de "T", de "U" ; elles peuvent être elles-mêmes fixées aux pièces de base (membranes et cylindres de connexion) par des moyens de fixation tels que ceux décrits ci-dessus. On peut utiliser notamment de tels inserts comme pièces de renfort chaque fois que les efforts supportés sont trop importants, ces inserts pouvant abaisser jusqu'à des taux admissibles les contraintes transmises à la structure composite. Ces inserts sont par exemple en métal, alliage métallique, en matière plastique ou encore en matériau composite (par exemple en fibres de verre et/ou de carbone noyées dans une résine).

Selon un autre mode de réalisation particulièrement préférentiel de l'invention, comme illustré à titre d'exemple aux figures 4 à 8, les cylindres de connexion (25), pour au moins une partie d'entre eux ou plus préférentiellement pour la totalité d'entre eux, sont renforcés par un élément de renforcement dit "renfort radial de cylindre" (26) les traversant totalement selon leur diamètre, parallèlement à une direction radiale Z.

On voit sur la figure 4, que conformément à un mode de réalisation préférentiel, il existe un rayon de roue (12) au regard de chaque cylindre de connexion (25), chaque rayon de roue (12) étant plus préférentiellement aligné sensiblement, dans une direction radiale Z, avec chaque renfort radial de cylindre (26).

Comme précédemment pour les figures 2 et 3, pour plus de détail, la figure 5 schématise, en coupe transversale (ou radiale), une portion de la bande annulaire de cisaillement (23) de la roue (20) de la figure 4 tandis que la figure 6 donne une vue schématique en perspective de cette même coupe transversale de la figure 4. Dans les deux cas, pour simplifier le schéma,

cette portion de la bande annulaire de cisaillement (23) a été représentée à plat (axe X circonférentiel représenté rectiligne).

5 Le renfort radial de cylindre (26) travaille comme une poutre qui prévient la déformation des cylindres de connexion (25) perpendiculairement à leur axe Y (génératrice). Par sa raideur en traction et en compression, il évite à la bande annulaire de cisaillement (23) de cet autre exemple de roue (20) conforme à l'invention de l'invention, de flamber lorsque la structure composite est soumise à des flexions particulièrement sévères.

10 De section droite quelconque, le renfort radial de cylindre (26) il a préférentiellement une épaisseur faible relativement à ses autres dimensions, il peut prendre différentes formes longilignes telles que des formes de fil ou monofilament, film ou ruban. Son diamètre φ s'il s'agit d'un monofilament de section droite circulaire ou sa plus petite dimension latérale dans les autres cas (mesurée selon la direction principale X), est de préférence compris(e) entre
15 0,25 et 3 mm, plus préférentiellement entre 0,5 et 1,5 mm.

Bien entendu, sa longueur ne peut pas être inférieure à la dimension D des cylindres (25), elle est préférentiellement supérieure à D. Ainsi, selon un mode de réalisation préférentiel, le renfort radial de cylindre (26) traverse entièrement, dans la direction Z, le cylindre de
20 connexion de manière à s'ancrer dans les membranes interne (14) et externe (16); un tel mode de réalisation est illustré à la figure 5 où l'on peut voir que les extrémités (26a, 26b) de chaque renfort radial de cylindre (26) pénètrent dans les membranes pour s'y ancrer.

Selon un mode de réalisation plus préférentiel, lorsque des inserts ou pièces d'assemblage
25 intermédiaires sont utilisés pour assembler le cylindre avec les deux membranes, le renfort radial de cylindre (26) traverse entièrement, dans la direction Z, le cylindre de connexion (25), les membranes interne (14) et externe (16), de manière à s'ancrer dans ces inserts voire même au-delà de ces inserts.

30 Selon un autre mode de réalisation plus préférentiel, le renfort radial de cylindre (26) est lui-même en matériau composite et comporte des fibres continues unidirectionnelles noyées dans une matrice de résine.

35 Selon un autre mode de réalisation plus préférentiel, comme illustré à la figure 6, le renfort radial de cylindre (26) est constitué par une série de renforts discrets (élémentaires) orientés radialement (parallèlement à la direction radiale Z), ladite série étant alignée axialement suivant la génératrice Y des cylindres de connexion (25).

40 Ces renforts discrets (26) sont de préférence des monofilaments de section droite quelconque, notamment circulaire. La densité de renforts (26), mesurée selon l'axe Y, est

préférentiellement comprise dans un domaine de 5 à 50, plus préférentiellement de 10 à 40, par exemple 15 à 35 renforts par dm de largeur (L_c , mesurée selon Y) de cylindre de connexion (25).

5 Dans toute la présente description, sauf précision particulière, le terme "fibre" s'applique à tout type de fibre de renforcement, utilisable dès lors que cette dernière est compatible avec sa matrice de résine. Une telle fibre est par exemple choisie dans le groupe constitué par les fibres d'alcool polyvinylique, de polyamide aromatique (ou "aramide"), polyamide-imide, polyimide, les fibres polyester, polyester aromatique, polyéthylène, polypropylène, les fibres
10 de cellulose, rayonne, viscosse, polyphénylène benzobisoxazole (ou "PBO"), polyéthylène naphatéate ("PEN"), les fibres de verre, de carbone, de silice, les fibres céramiques, et les mélanges de telle fibres.

On préfère utiliser, notamment pour une application à très basse température, des fibres
15 choisies dans le groupe constitué par les fibres de verre, les fibres de carbone et les mélanges de telles fibres. Plus préférentiellement encore, on utilise des fibres de verre.

La résine employée est une résine qui est de préférence thermodurcissable. Il s'agit par exemple d'une résine réticulable par un rayonnement ionisant, tel que par exemple un
20 rayonnement UV-visible émettant de préférence dans un spectre s'étendant de 300 nm à 450 nm, un faisceau d'électrons accélérés ou de rayons X. On peut choisir aussi une composition comprenant une résine réticulable par un peroxyde, la réticulation ultérieure pouvant alors être effectuée, le moment venu, au moyen d'un apport de calories, par exemple par l'action de micro-ondes. De préférence, on utilise une composition du type durcissable
25 par un rayonnement ionisant, la polymérisation finale pouvant être déclenchée et contrôlée aisément au moyen d'un traitement ionisant, par exemple de type UV ou UV-visible.

La résine utilisée, à l'état thermodurci, présente un module en extension (ASTM D 638) qui est préférentiellement au moins égal à 2,3 GPa, plus préférentiellement supérieur à 2,5 GPa,
30 notamment supérieur à 3,0 GPa. Sa température de transition vitreuse (T_g), mesurée par DSC, est préférentiellement supérieure à 130°C, plus préférentiellement supérieure à 140°C.

A titre de résine réticulable, on utilise plus préférentiellement une résine polyester (i.e., à base de polyester insaturé) ou une résine vinylester.

35 Plus préférentiellement encore, on utilise une résine vinylester. On a constaté, de manière surprenante, qu'une résine vinylester résistait mieux que les autres à des températures extrêmement basses. Un test simple permet de mesurer que la résistance à la flexion d'un composite fibres de verre/résine vinylester est sensiblement augmentée à très basse
40 température. Ce test consiste à faire une boucle avec un monofilament composite (par

exemple, de diamètre 1 mm) et de diminuer le rayon de courbure jusqu'à rupture (bien visible à l'œil nu) de la partie extérieure du monofilament qui est en extension. On s'aperçoit alors, de manière inattendue, que le rayon minimum atteint devient plus petit lorsque la boucle de monofilament a été plongée juste avant dans l'azote liquide (- 196°C). Au test d'immersion ou
5 trempe thermique dans l'azote liquide, on pourra également tester la résine en tant que telle, en privilégiant les résines qui ne fissurent pas lors d'un tel test.

Selon un mode de réalisation particulièrement préférentiel, la bande annulaire de cisaillement de la roue de l'invention est entièrement constituée de fibres de verre et/ou de carbone, plus
10 préférentiellement encore de fibres de verre, noyées dans une matrice de résine vinylester.

Les résines vinylester sont bien connues dans le domaine des matériaux composites. Sans que cette définition soit limitative, la résine vinylester est préférentiellement du type époxyvinylester.
15

On utilise plus préférentiellement une résine vinylester, notamment du type époxyde, qui au moins pour partie est à base novolaque et/ou bisphénolique (soit préférentiellement une résine vinylester à base novolaque, bisphénolique, ou novolaque et bisphénolique) telle que décrite par exemple dans les demandes EP 1 074 369 et EP 1 174 250 (ou brevet US 6 926
20 853). Une résine époxyvinylester de type novolaque et bisphénolique a montré d'excellents résultats ; à titre d'exemple, on peut citer notamment les résines vinylester "ATLAC 590" ou ""ATLAC E-Nova FW 2045" de la société DSM (diluées toutes deux avec du styrène). De telles résines époxyvinylester sont disponibles chez d'autres fabricants tels que Reichhold, Cray Valley, UCB.
25

La bande annulaire de cisaillement peut être avantageusement constituée uniquement de pièces composites en fibres de verre noyées dans une résine vinylester.

Les éléments de support (12) encore appelés ici "rayons de roue", à faible rigidité de compression, travaillent en tension pour transmettre les efforts entre la bande de cisaillement annulaire et le moyeu (11) de la roue, comme décrit par exemple dans le brevet US 7 201 194 précité (voir par exemple fig. 7 à fig. 11 dudit brevet). Leur épaisseur est fine relativement à celle des membranes, préférentiellement inférieure à 0,5 mm, plus préférentiellement inférieure à 0,3 mm.
30

Grâce à leur présence, on favorise une pression de contact au sol uniformément répartie, d'où un meilleur travail de la roue ; ainsi, on évite notamment des points localisés de haute pression et les risques d'enlèvement ou d'ensablement qui peuvent aller avec sur des sols instables.
35

40

Ces rayons de roue (12) peuvent être en matériaux aussi divers que métal (ou alliages métalliques), polymères ou encore matériaux hybrides, renforcés ou non. A titre d'exemples, on peut citer des polymères tels que des polyuréthanes, des matériaux composites comportant des fibres, notamment de verre et/ou de carbone, enrobées ou imprégnées par une résine. Le module en extension des matériaux utilisés est adapté bien entendu à la charge qui sera supportée par chaque rayon de roue. De manière connue, en réglant la capacité d'allongement des rayons de roue (ou celle des matériaux les constituant), on peut ajuster l'empreinte au sol de la roue.

Selon un mode de réalisation préférentiel, notamment pour une utilisation de la roue à basse température, on peut utiliser des rayons de roue qui sont eux-mêmes en matériau composite, comme par exemple un tissu de fibres de verre imprégné PTFE (polytétrafluoroéthylène) ou plus préférentiellement des couches de fibres de verre continues, unidirectionnelles, noyées dans une matrice de résine vinylester.

Pour la fabrication des différents éléments composites à base de fibres et de résine constitutifs de la roue de l'invention, qu'il s'agisse des cylindres de connexion, le cas échéant des membranes ou des renforts radiaux de cylindres, on peut mettre en œuvre tout procédé approprié pour la fabrication de blocs, nappes, éléments longilignes tels monofilaments ou rubans. De tels procédés sont largement connus aujourd'hui par l'homme du métier.

La demande de brevet EP 1 174 250 (ou brevet US 6 926 853) a proposé par exemple, après dégazage, d'imprégner un arrangement rectiligne de fibres par de la résine liquide, de faire passer l'imprégné liquide au travers d'une filière calibrée pour imposer par exemple une forme de monofilament de section ronde ou celle d'un ruban, de stabiliser le monofilament ou ruban en aval de la filière par une solidification substantielle de la résine dans une chambre UV de stabilisation, puis d'enrouler le monofilament ou ruban solide (stabilisé) sur un support de forme appropriée, enfin faire cuire le tout dans un moule sous pression afin de solidariser l'ensemble et garantir une résistance élevée au cisaillement.

La demande de brevet WO 2007/085414 a proposé comme alternative d'enrouler directement en continu et en plusieurs couches, sur un support dictant la forme finale du bloc composite, les fibres noyées dans leur résine à l'état liquide pendant tout l'opération de fabrication, pour formation directe d'un bloc composite continu sur ledit support. Une fois le composite "liquide" ainsi formé, on soumet la résine liquide à une polymérisation au moins partielle, par exemple à l'aide d'UV ou d'un traitement thermique, pour stabiliser, solidifier au moins en partie ledit composite avant de le séparer de son support. Le bloc composite ainsi stabilisé, dans lequel la composition de résine est alors, au moins pour partie, en phase solide, peut alors être aisément manipulé, stocké tel quel ou traité immédiatement afin de finir de

polymériser la résine (cuisson ou réticulation finale). Ainsi, l'opération de cuisson finale peut être réalisée sous simple pression atmosphérique, "hors moule" (ou "moule ouvert" selon une terminologie reconnue).

5 Pour la fabrication de la roue de l'invention, on peut utiliser tout procédé d'assemblage approprié des éléments décrits ci-dessus, par exemple en adoptant les étapes consécutives suivantes:

- fabrication des deux membranes circonférentielles ;
- 10 - positionnement des cylindres de connexion sur un gabarit de montage ;
- fixation par collage (par exemple à l'aide d'une colle époxy) des deux membranes circonférentielles sur les cylindres de connexion ;
- positionnement et collage des rayons de roue ;
- par exemple, les rayons de roue sont ajustés à la bonne longueur et collés à leurs deux
- 15 extrémités sur des barrettes (inserts) en composite adaptées l'une à la membrane, l'autre au moyeu métallique ; la barrette côté membrane est à la fois collée et boulonnée, alors que côté moyeu elle n'est que boulonnée ;
- perçage simultané de la bande annulaire de cisaillement (deux membranes et leurs cylindres de connexion) ;
- 20 - enfilage et collage des renforts radiaux de cylindre à travers les trous faits précédemment.

De préférence, pour une bonne efficacité de pression de contact au sol, la roue de l'invention vérifie la relation $0,7 \leq D_i/D_e < 1$, plus préférentiellement la relation $0,8 \leq D_i/D_e < 1$, D_i étant le diamètre de la membrane circonférentielle interne et D_e étant le diamètre de la

25 membrane circonférentielle externe. A titre d'exemple D_i et D_e sont compris dans un domaine d'environ 200 mm à 2000 mm.

Comme décrit précédemment, les cylindres de connexion peuvent être connectés directement

30 aux membranes circonférentielles grâce à des moyens de fixation appropriés déjà décrits, ou bien connectés indirectement au moyen de pièces d'assemblage intermédiaires, notamment grâce à des inserts en métal, en matière plastique ou en matériau composite, ayant également pour fonction de renforcer les points d'assemblage.

35 Les figures 7 et 8 illustrent d'autres exemples de roue élastique non pneumatique (30, 40) selon divers modes de réalisation.

Le figure 7 schématise, en coupe radiale, une roue élastique non pneumatique (30) dans laquelle, conformément à un mode de réalisation particulièrement préférentiel, chaque

40 cylindre (25) est renforcé par une série de renforts radiaux de cylindre (26) orientés

radialement (selon Z), ladite série étant alignée suivant la génératrice (direction axiale Y) des cylindres (25) et contenant dans cette direction, à titre d'exemple une densité de 5 à 15 fils par dm de cylindre. Chaque renfort radial de cylindre (26) traverse totalement le cylindre de connexion (25) selon son diamètre de manière à ancrer ses deux extrémités dans les membranes interne (14) et externe (16).

Dans cet exemple de roue (30), chaque membrane circonférentielle (14, 16), d'épaisseur égale à environ 1 mm, est constituée par exemple de deux fois trois couches de fibres continues de verre ("Advantex" de la société Owens Corning ; titre 1200 tex), dégazées et imprégnées par une résine vinylester ("Atlac 590" de la société DSM + photo-initiateur "Irgacure 819" de la société Ciba) entre lesquelles on a ajouté un tissu tramé en fibre de verre (verre "E" ; grammage 125 g/m²), imprégné par une résine vinylester, pour équilibrage de l'ensemble composite. La membrane a été obtenue par enroulement filamentaire (ruban issu d'une buse de 0,2 x 5 mm) à un angle voisin de zéro degré. Après enroulement (pas de pose de 5 mm) de trois couches élémentaires, on a stoppé l'enroulement puis déposé sur la troisième couche le tissu tramé imprégné de résine, avant d'enrouler les trois dernières couches de ruban par-dessus le tissu tramé ainsi intercalé. Puis on a polymérisé l'ensemble sous UV, sur le support d'enroulement. Selon au autre mode de fabrication, on peut par exemple enrouler en continu comme suit : on dépose successivement une couche à 0°, puis une couche à -5°, une couche à +5°, une couche à 0°, une couche à +5°, une couche à -5°; et on termine par une couche à 0°, le tout en continu. Les couches à +5° et -5° donnent suffisamment de cohésion latérale ; l'épaisseur finale est toujours la même. Ainsi préparée, chaque membrane a par exemple, dans la direction de ses fibres de renforcement, un module en traction de l'ordre de 45 GPa.

Les cylindres de connexion (25), de diamètre et épaisseur respectivement égaux à environ 30 mm et 0,8 mm, ont été préparés comme les membranes ci-dessus, par enroulement filamentaire en quatre couches, perpendiculairement à l'axe (génératrice) du cylindre. Après quoi on a polymérisé l'ensemble sous UV (sur le support d'enroulement). Les cylindres de connexion ont un diamètre D constant dans la direction radiale, de manière à maintenir les membranes circonférentielles externe (16) et interne (14) sensiblement équidistantes. Dans la bande de cisaillement (33), la distance moyenne d, mesurée selon la direction circonférentielle X, entre deux cylindres de connexion (25) consécutifs est par exemple d'environ 7 mm.

Les renforts radiaux de cylindre (26) sont par exemple des monofilaments composites constitués de fibres de verre ("Advantex") enrobées dans une résine vinylester (résine "Atlac E-Nova FW 2045" de la société DSM) ; vus en section, ces monofilaments composites comportent de très nombreux filaments élémentaires noyés dans une résine qui, une fois polymérisée, confère au produit l'aspect d'un brin unique. Leur diamètre φ est égal à environ 1 mm. Ils ont été préparés de manière connue par pultrusion, comme décrit par exemple dans

la demande de brevet EP 1 174 250 précitée. De tels monofilaments composites ainsi que leur fabrication ont également été décrits dans la demande de brevet EP 1 167 080 (ou US 7 032 637) comme éléments de renforcement de bandages conventionnels du type pneumatiques.

5 Pour tous les éléments composites de la roue ci-dessus décrite, le contenu en fibres est par exemple d'environ 70% (soit environ 30% de résine).

Dans cet exemple de la figure 7, les rayons de roue (32), d'épaisseur très fine (environ 0,15 mm) sont assemblés au moyen d'inserts (110, 140), d'une part au moyeu (11) de roue, d'autre
10 part à la membrane circonférentielle interne (14).

Les inserts (110) assemblant les rayons de roue (32) sur le moyeu rigide (11) sont par exemple en forme de demis "U", constitués d'un matériau composite (fibres-résine), par exemple en fibres de verre/ résine vinylester, d'épaisseur égale à environ 1 mm. Ils ont par
15 exemple été fabriqués comme précédemment indiqué pour les cylindres de connexion, par enroulement filamenteux en 5 couches successives, sur un support ayant la forme d'un cylindre aplati. Après polymérisation aux UV, les demis U ont été obtenus par découpe du cylindre aplati. Les inserts (140) assemblant les rayons de roue (32) sur la membrane circonférentielle interne (14) sont par exemple de même épaisseur mais de taille plus réduite,
20 par exemple en forme de "I", eux-mêmes en matériau composite tel que fibres de verre/ résine vinylester ; ils ont été fabriqués comme précédemment indiqué pour les autres inserts (110).

Enfin, la figure 8 montre une vue en perspective d'un autre exemple de roue non pneumatique
25 (40) dont la bande de cisaillement (33) comporte en quelque sorte plusieurs bandes de cisaillement élémentaires, disposées dans des plans radiaux (i.e., perpendiculaires à la direction axiale Y) parallèles. On voit sur cette figure 8 que chaque membrane circonférentielle externe élémentaire (16a, 16b, 16c, 16d) est relativement étroite (largeur axiale égale par exemple à 40 mm, mesurée selon Y) par rapport à la largeur axiale totale de la roue (par exemple égale à 200 mm). La membrane circonférentielle interne (14), peu
30 visible sur cette vue, peut être elle-même constituée d'une seule ou de plusieurs membranes circonférentielles internes élémentaires, par exemple au nombre de deux (par exemple chacune de largeur axiale égale à 80 mm) ou de quatre (par exemple chacune de largeur axiale égale à 40 mm).

35 Les bandes de cisaillement élémentaires sont ici disposées circonférentiellement l'une par rapport à l'autre de telle manière que leurs cylindres de connexion (25) (largeur égale à 40 mm) soient sensiblement alignés d'une bande de cisaillement élémentaire à l'autre, dans la direction axiale Y. Une telle configuration confère à la roue une plus grande flexibilité axiale et peut fournir un découplage avantageux pour "absorber" plus efficacement un obstacle lors
40

du roulage. Toutefois, selon un autre mode de réalisation possible, les bandes de cisaillement élémentaires pourraient être disposées de telle manière que leurs cylindres de connexion (25) soient disposés en quinconce dans la direction axiale Y, d'une bande de cisaillement élémentaire à l'autre.

5

Une bande de roulement, non représentée pour simplification sur les figures 1, 4, 7 et 8, pourrait être éventuellement ajoutée aux roues de l'invention précédemment décrites, disposée radialement au dessus de la membrane circonférentielle externe (16) lorsque cette dernière n'est pas destinée à un contact direct avec le sol lors du roulage de la roue non pneumatique.

10

Cette bande de roulement peut être constituée de matériaux aussi divers que métal (ou alliages métalliques), polymères ou encore matériaux hybrides métal-polymère. A titre d'exemples de polymères, on peut citer par exemple des polyesters tels que PET, du PTFE, de la cellulose telle que de la rayonne, des caoutchoucs tels que des caoutchoucs diéniques ou des polyuréthanes. Pour une utilisation à très basse température, on préfère une bande de roulement en métal, ou en polymère autre que caoutchouc.

15

Selon un mode de réalisation préférentiel, la bande de roulement se présente sous la forme d'un tissu tridimensionnel, notamment dans les matériaux précités, dont l'épaisseur est par exemple comprise entre 5 et 20 mm. Cette bande de roulement peut être fixée à la bande de cisaillement de la roue par divers moyens de fixation tels que décrits supra, par exemple par collage ou boulonnage, voire à l'aide de moyens d'assemblage tels que les inserts précédemment décrits. Selon un autre mode de réalisation possible, elle pourrait être incorporée directement à la membrane circonférentielle externe (16) pendant sa fabrication.

20

25

En conclusion, la roue élastique non pneumatique de l'invention est donc caractérisée par une bande annulaire de cisaillement dont la structure spécifique, équivalente à une structure du type nid d'abeilles, lui ouvre un éventail très large d'applications possibles. Cette bande de cisaillement est constituée de matériaux élastiques conservant leurs propriétés dans une très large gamme de températures, et capable d'imiter la déformation en cisaillement d'un élastomère d'une bande de cisaillement telle que connue dans l'art antérieur.

30

La roue élastique non pneumatique de l'invention est utilisable dans tous types de véhicules automobiles, terrestres ou non terrestres, en particulier de véhicules destinés à affronter des conditions de roulage sévères ou agressives, ou des températures extrêmes telles que celles que pourraient rencontrer par exemple des véhicules lunaires, des engins de transport routier, des véhicules hors-la-route tels qu'engins agricoles ou de génie civil, ou tout autre type de véhicules de transport ou de manutention pour lequel l'utilisation d'un matériau élastomérique n'est pas possible ou n'est pas souhaitée.

35

40

REVENDICATIONS

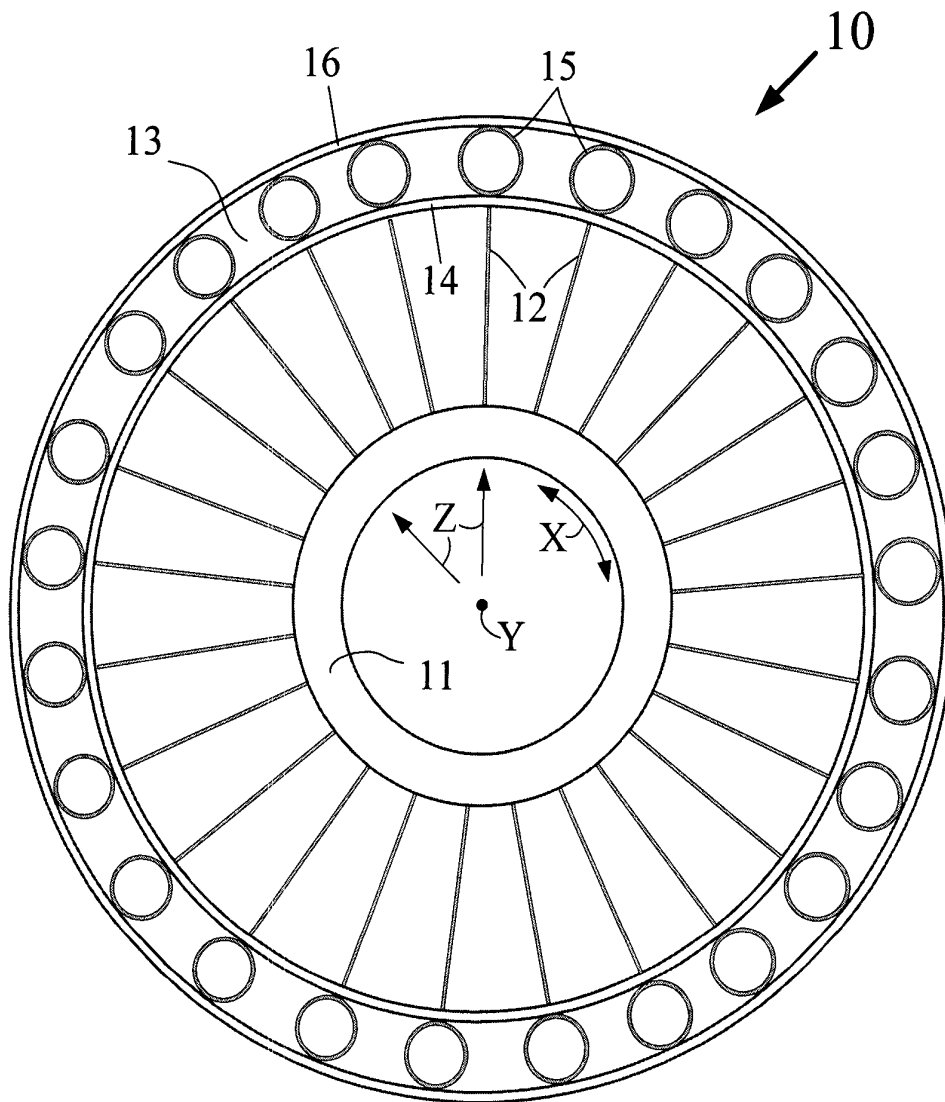
- 5 **1.** Roue élastique non pneumatique (10), définissant trois directions perpendiculaires, circonférentielle (X), axiale (Y) et radiale (Z), ladite roue comportant au moins :
- 10 ○ un moyeu (11) ;
- une bande annulaire dite de cisaillement (13) comprenant au moins une membrane circonférentielle interne (14) et une membrane circonférentielle externe (16) orientées selon la direction circonférentielle X ;
- une pluralité d'éléments de support (12) connectant le moyeu (11) à la membrane circonférentielle interne (14),
- 15 caractérisée en ce que :
- les deux membranes (14, 16) sont connectées entre elles par l'intermédiaire d'une série s'étendant dans la direction circonférentielle (X) de cylindres (15) dits cylindres de connexion, lesdits cylindres de connexion (15) étant non jointifs selon la direction circonférentielle X et ayant leur génératrice orientée selon la direction axiale Y ;
- 20 ○ les cylindres de connexion (15) sont des cylindres composites comportant des fibres noyées dans une matrice de résine.
- 25 **2.** Roue selon la revendication 1, dans laquelle les fibres des cylindres de connexion sont des fibres continues.
- 30 **3.** Roue selon la revendication 2, dans laquelle les fibres sont unidirectionnelles, orientées dans la direction circonférentielle X, dans un plan perpendiculaire à la direction Y.
- 35 **4.** Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle les fibres des cylindres de connexion sont des fibres de verre et/ou des fibres de carbone.
- 5.** Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle les membranes interne et externe comportent également des fibres noyées dans une matrice de résine.
- 40 **6.** Roue selon la revendication 5, dans laquelle les fibres des membranes sont des fibres continues.
- 7.** Roue selon la revendication 6, dans laquelle les fibres continues des membranes sont unidirectionnelles, orientées dans la direction circonférentielle X.

8. Roue selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans laquelle les fibres des membranes sont des fibres de verre et/ou des fibres de carbone.
- 5 9. Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle les cylindres de connexion ont un "diamètre" D constant dans la direction radiale, de manière à maintenir les membranes interne et externe sensiblement équidistantes.
- 10 10. Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans laquelle la distance moyenne d, mesurée selon la direction X, entre deux cylindres de connexion consécutifs est telle que le rapport d/D est compris entre 0,10 et 0,50.
- 15 11. Roue selon la revendication 10, dans laquelle le rapport d/D est compris entre 0,15 et 0,40.
12. Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans laquelle le diamètre D des cylindres de connexion est compris entre 10 et 100 mm.
- 20 13. Roue selon la revendication 12, dans laquelle le diamètre D est compris entre 15 et 45 mm.
- 25 14. Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans laquelle la distance moyenne d, mesurée selon la direction X, entre deux cylindres de connexion consécutifs est comprise entre 1 et 50, de préférence entre 1,5 et 40 mm.
- 30 15. Roue selon la revendication 14, dans laquelle la distance moyenne d est comprise entre 5 et 15 mm.
16. Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans laquelle la largeur Lm des membranes et la largeur Lc des cylindres, mesurées toutes deux dans une direction axiale parallèle à l'axe Y, sont chacune comprises entre 5 et 200 mm.
- 35 17. Roue selon la revendication 16, dans laquelle la largeur Lm des membranes et la largeur Lc des cylindres sont chacune comprises entre 20 et 100 mm.
18. Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, dans laquelle l'épaisseur Em des membranes et l'épaisseur Ec des cylindres sont chacune comprises entre 0,25 et 3 mm.
- 40 19. Roue selon la revendication 18, dans laquelle l'épaisseur Em des membranes et l'épaisseur Ec des cylindres sont chacune comprises entre 0,5 et 2 mm.

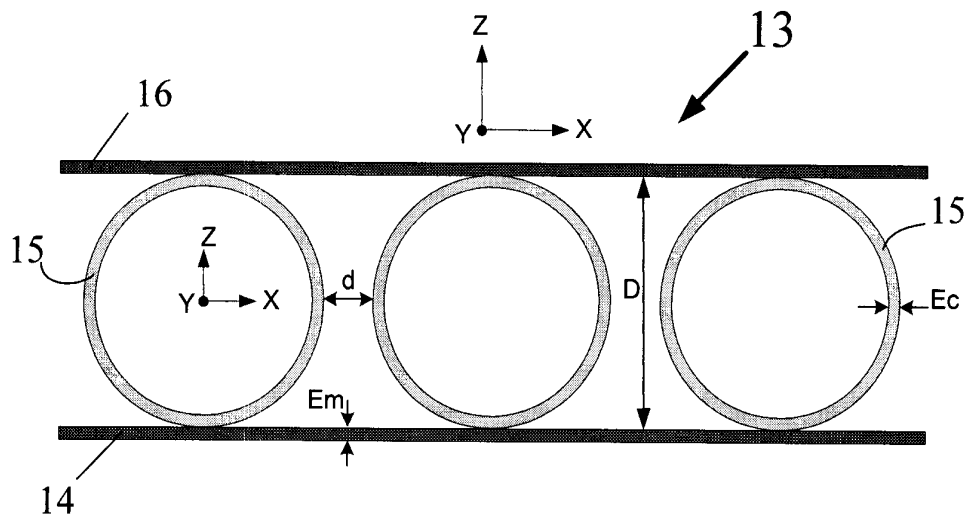
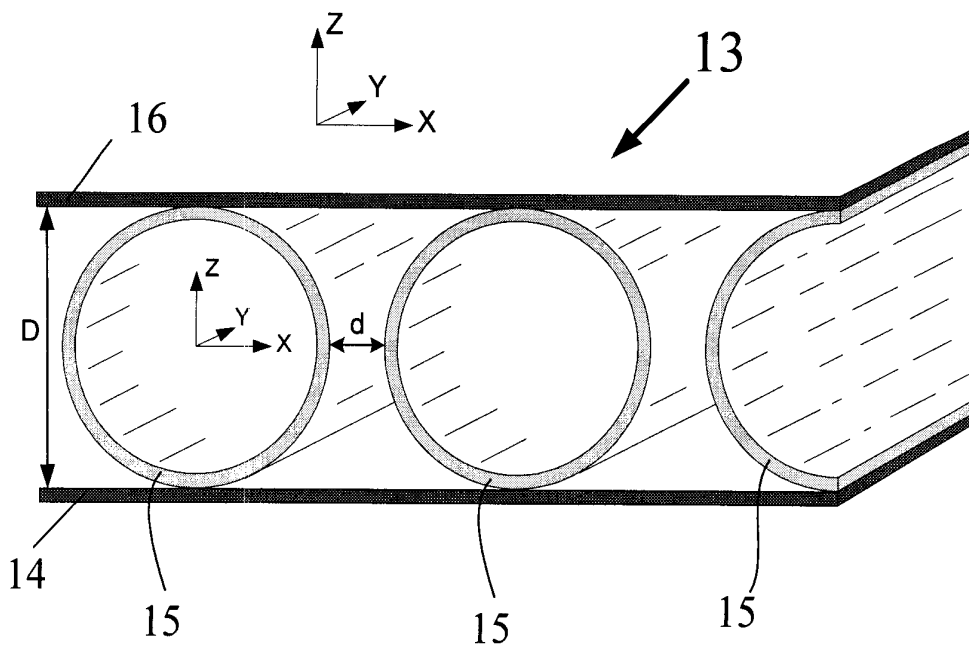
- 5 **20.** Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, dans laquelle les cylindres de connexion sont connectés directement aux membranes interne et externe, grâce à des moyens de fixation.
- 21.** Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, dans laquelle les cylindres de connexion sont connectés indirectement aux membranes interne et externe, grâce à des pièces d'assemblage intermédiaires.
- 10 **22.** Roue selon la revendication 21, dans laquelle les pièces d'assemblage consistent en des inserts en métal, en matière plastique ou en matériau composite.
- 23.** Roue selon la revendication 22, dans laquelle les pièces d'assemblage consistent en des inserts en matériau composite.
- 15 **24.** Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 23, dans laquelle les cylindres de connexion, pour la totalité ou au moins une partie d'entre eux, sont renforcés par un élément de renforcement dit "renfort radial de cylindre" les traversant entièrement selon leur diamètre, parallèlement à la direction radiale Z.
- 20 **25.** Roue selon la revendication 24, dans laquelle le renfort radial de cylindre traverse entièrement, dans la direction Z, le cylindre de connexion de manière à être ancré dans les membranes interne et externe.
- 25 **26.** Roue selon la revendication 25, dans laquelle le renfort radial de cylindre traverse entièrement, dans la direction Z, le cylindre de connexion et les membranes interne et externe, de manière à être ancré dans les pièces d'assemblage intermédiaires assemblant le cylindre avec les deux membranes.
- 30 **27.** Roue selon l'une quelconque des revendications 24 à 26, dans laquelle le renfort radial de cylindre comporte des fibres continues unidirectionnelles noyées dans une matrice de résine.
- 28.** Roue selon la revendication 27, dans laquelle les fibres continues sont des fibres de verre et/ou des fibres de carbone.
- 35 **29.** Roue selon l'une quelconque des revendications 24 à 28, dans laquelle le renfort radial de cylindre est formé par une série de renforts radiaux discrets orientés radialement (parallèlement à une direction radiale Z), ladite série étant alignée suivant la génératrice Y des cylindres de connexion.
- 40

- 30.** Roue selon la revendication 29, dans laquelle les renforts radiaux discrets des cylindres de connexion consistent en des monofilaments.
- 5 **31.** Roue selon la revendication 30, dans laquelle le diamètre φ des monofilaments est compris entre 0,25 et 3 mm, de préférence entre 0,5 et 1,5 mm.
- 32.** Roue selon l'une quelconque des revendications 29 à 31, dans laquelle la densité de renforts radiaux discrets dans les cylindres de connexion, mesurée selon l'axe Y, est comprise
10 dans un domaine de 10 à 40, de préférence de 15 à 35 renforts par dm de largeur de cylindre de connexion.
- 33.** Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 32, dans laquelle les éléments de support sont en métal, en matière plastique ou en matériau composite.
15
- 34.** Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 33, dans laquelle les éléments de support comportent des fibres continues unidirectionnelles noyées dans une matrice de résine.
- 35.** Roue selon la revendication 34, dans laquelle les fibres des éléments de support sont
20 des fibres de verre et/ou des fibres de carbone.
- 36.** Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 35, dans laquelle il existe un élément de support au regard de chaque cylindre de connexion, aligné radialement avec ce
25 dernier.
- 37.** Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 36, dans laquelle la résine est une résine thermodurcissable.
- 38.** Roue selon la revendication 37, dans laquelle la résine thermodurcissable est une
30 résine du type réticulable par un rayonnement ionisant ou par un peroxyde.
- 39.** Roue selon la revendication 38, dans laquelle la résine thermodurcissable est une résine polyester ou vinylester.
- 35 **40.** Roue selon la revendication 39, dans laquelle la résine thermodurcissable est une résine vinylester, de préférence une résine époxyvinylester.
- 41.** Roue selon l'une quelconque des revendications 1 à 40, dans laquelle la résine
40 présente un module en extension au moins égal à 2,3 GPa.

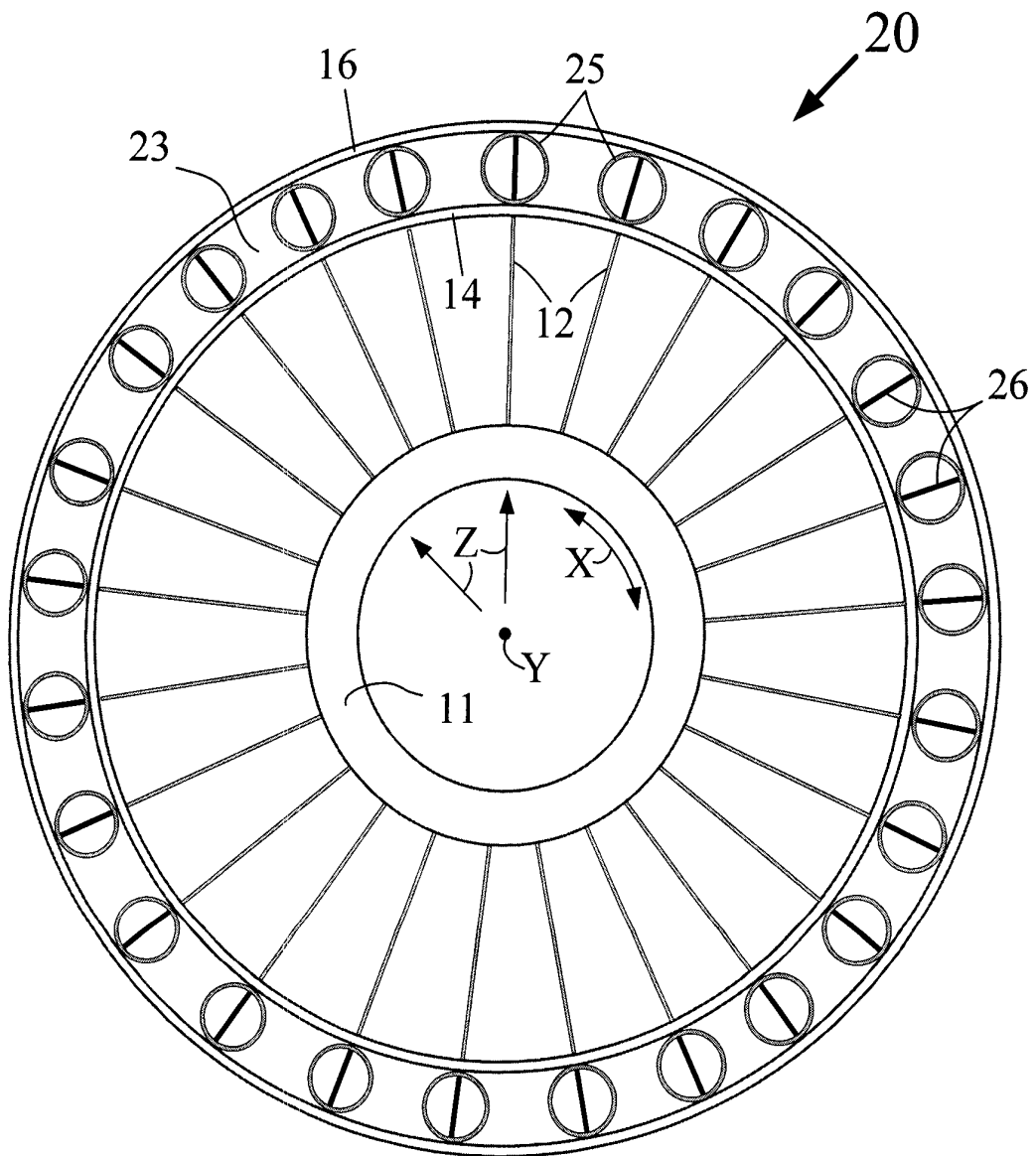
1/6

Fig. 1

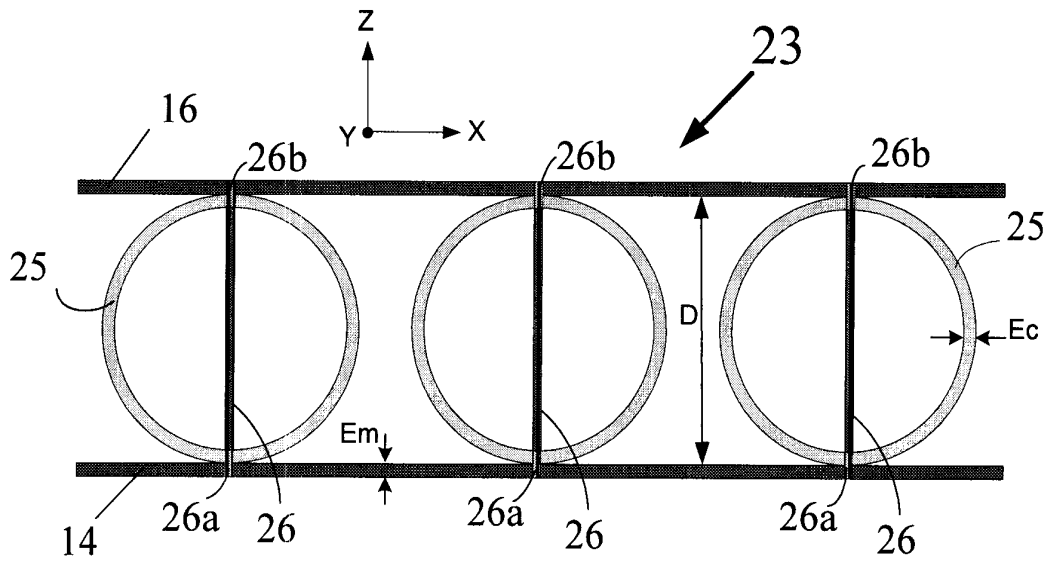
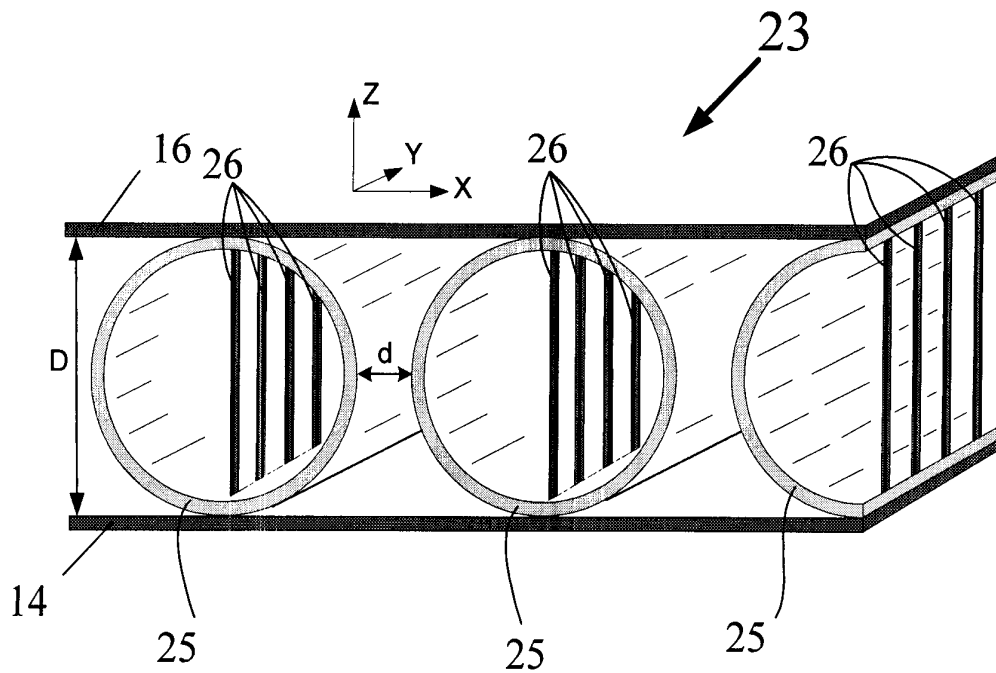
2/6

Fig. 2Fig. 3

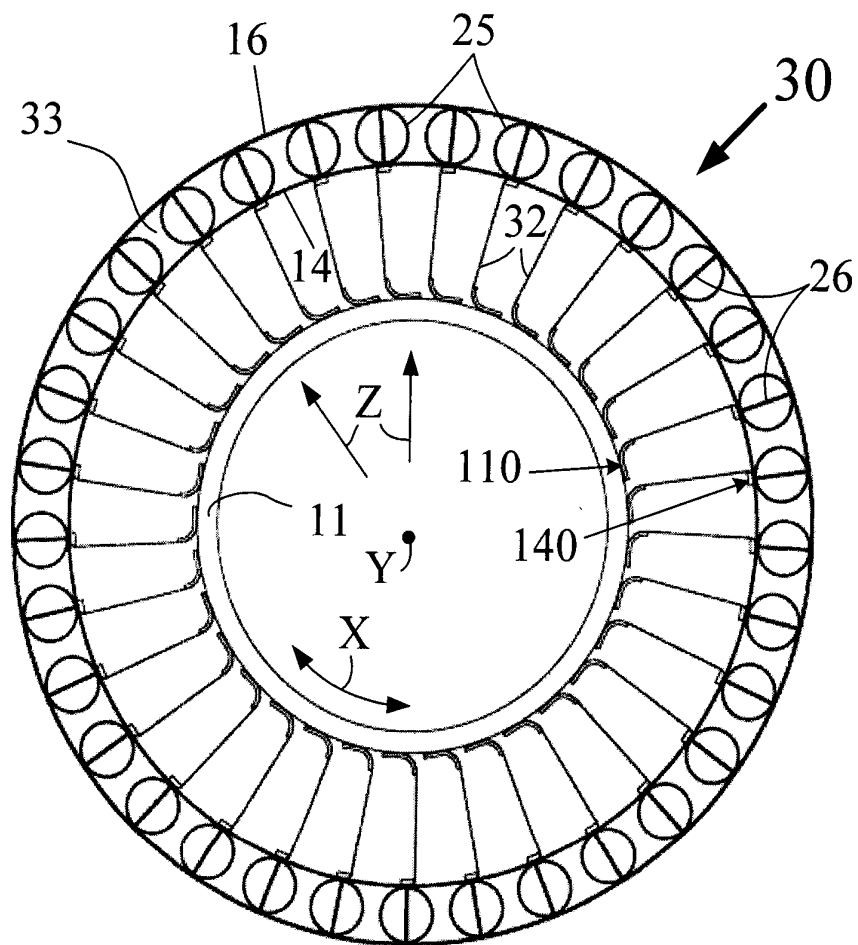
3/6

Fig. 4

4/6

Fig. 5Fig. 6

5/6

Fig. 7



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 700307
FR 0706491

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	DE 75 467 C (YAGN NICOLAUS) 28 mai 1894 (1894-05-28) * le document en entier * -----	1-41	B60C7/00 B60C7/22 B60B5/02
A,D	EP 1 359 028 A (CONCEPTION & DEV MICHELIN SA [CH]) 5 novembre 2003 (2003-11-05) * le document en entier * -----	1-41	
A	US 2004/012246 A1 (RHYNE TIMOTHY B [US] ET AL) 22 janvier 2004 (2004-01-22) * revendications; figures * -----	1-41	
A	DE 202 07 473 U1 (SANDOR JANOS [DE]) 22 août 2002 (2002-08-22) * page 1 - page 3; figures * -----	1-41	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B60B B60C
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		25 avril 2008	Thanbichler, Peter
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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			

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 2

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0706491 FA 700307**

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 25-04-2008

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
DE 75467	C		AUCUN	

EP 1359028	A	05-11-2003	BR 0301038 A	17-08-2004
			CN 1454796 A	12-11-2003
			FR 2839015 A1	31-10-2003
			JP 2003320808 A	11-11-2003
			RU 2297334 C2	20-04-2007
			US 2003226630 A1	11-12-2003

US 2004012246	A1	22-01-2004	AU 2004257266 A1	27-01-2005
			BR PI0412650 A	26-09-2006
			CA 2532099 A1	27-01-2005
			CN 1822962 A	23-08-2006
			EP 1660335 A1	31-05-2006
			JP 2007534531 T	29-11-2007
			KR 20060033906 A	20-04-2006
			MX PA06000268 A	30-03-2006
			WO 2005007422 A1	27-01-2005

DE 20207473	U1	22-08-2002	AUCUN	
