

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PRÉFORME DENTAIRE, PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE TELLE PRÉFORME ET PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE PROTHÈSE DENTAIRE À PARTIR D'UNE TELLE PRÉFORME.

②② Date de dépôt : 24.11.21.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : CLUNET-COSTE Bruno —FR,
MANEUF Bernard FR et COLLOMBIN André — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 26.05.23 Bulletin 23/21.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 19.07.24 Bulletin 24/29.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : CLUNET-COSTE Bruno, MANEUF
Bernard et COLLOMBIN André.

⑦③ Titulaire(s) : CLUNET-COSTE Bruno, MANEUF
Bernard, COLLOMBIN André.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET HECKE.



Description

Titre de l'invention : PRÉFORME DENTAIRE, PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE TELLE PRÉFORME ET PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE PROTHÈSE DENTAIRE À PARTIR D'UNE TELLE PRÉFORME

Domaine technique

[0001] L'invention concerne une préforme dentaire, un procédé de fabrication d'une telle préforme dentaire et un procédé de fabrication d'une prothèse dentaire à partir d'une telle préforme dentaire.

Technique antérieure

[0002] Il est connu de former au moins une partie d'une prothèse dentaire à partir d'une préforme dentaire qui est usinée. La préforme dentaire est usinée par tout moyen adapté et préférentiellement en technologie CAD-CAM. Différents types de préformes dentaires sont commercialisés avec des caractéristiques mécaniques sensiblement homogènes d'une extrémité à l'autre de la préforme.

[0003] Cependant, il convient de souligner que les performances mécaniques de telles préformes sont très éloignées de celles d'une dent naturelle ce qui pose des problèmes d'adaptation lorsqu'une prothèse dentaire est installée. On peut observer que les matériaux composites actuels, notamment les composites à particules, ne sont pas adaptés pour reproduire le fonctionnement d'une dent naturelle. Il en est de même pour les préformes en céramique, par exemple les préformes en disilicate de lithium ou en zircone. Cette problématique est également présente pour les céramiques hybrides qui sont des matériaux composites possédant un réseau principal et un réseau secondaire. Le réseau principal en céramique est infiltré par un réseau secondaire qui est en polymère. Les deux réseaux sont totalement imbriqués l'un dans l'autre. La structure à double réseau céramique-polymère, a été conçue pour conjuguer idéalement les bonnes propriétés de la céramique et des matériaux composites. Cependant, le réseau principal en céramique reste rigide et cassant. Il est également peu déformable ce qui ne lui permet pas reproduire les performances mécaniques d'une dent naturelle. La ténacité de ce matériau hybride est considérée comme faible ce qui limite son intérêt.

[0004] Il est encore possible de former une préforme dentaire sur-mesure dont les performances mécaniques ont été adaptées aux contraintes dimensionnelles de la dent à remplacer. Cependant, cette opération est longue et relativement onéreuse.

[0005] Il existe donc un besoin pour former une préforme dentaire qui correspond mieux aux caractéristiques mécaniques d'une dent tout en étant facile à réaliser.

Objet de l'invention

- [0006] Un objet de l'invention consiste à pallier ces inconvénients, et plus particulièrement à fournir une préforme dentaire qui possède un gradient de module d'élasticité entre sa portion centrale et sa portion périphérique afin de mieux reproduire les caractéristiques mécaniques d'une dent naturelle.
- [0007] On tend à résoudre ces inconvénients au moyen d'une préforme dentaire comprenant :
- une portion centrale formée par une pluralité de premiers éléments filaires et une première résine, les premiers éléments filaires s'étendant majoritairement selon une première direction, la première résine liant mécaniquement les premiers éléments filaires entre eux ;
 - une portion périphérique se présentant sous la forme d'un anneau autour de la portion centrale perpendiculairement à la première direction, la portion périphérique comportant des deuxième éléments filaires et une deuxième résine, la deuxième résine liant mécaniquement les deuxièmes éléments filaires entre eux, les premiers éléments filaires et les deuxièmes éléments filaires étant liés mécaniquement entre eux au moins par la première résine et la deuxième résine ;
- dans laquelle la portion périphérique comporte une pluralité de couches disposées les unes sur les autres perpendiculairement à la première direction, les couches faisant le tour de la portion centrale ;
- dans laquelle chaque couche possède au moins une spire formée par au moins un des deuxièmes éléments filaires, le au moins un deuxième élément filaire présentant une direction longitudinale qui est décalée par rapport à la première direction d'un angle compris entre 10° et 80° ou entre 100° et 170° ;
- dans laquelle les deuxièmes éléments filaires de deux couches consécutives présentent des orientations opposées ;
- et dans laquelle les deuxièmes éléments filaires de chaque couche n'appartiennent pas à un tissu ou à un élément tissé.
- [0008] Selon un aspect de l'invention, la portion centrale possède des éléments filaires qui sont, majoritairement en volume, les premiers éléments filaires.
- [0009] De manière préférentielle, la portion centrale comporte exclusivement les premiers éléments filaires et la première résine.
- [0010] Dans un mode de réalisation particulier, la portion périphérique possède un gradient de module d'élasticité croissant en s'éloignant de la portion centrale perpendiculairement à la première direction.
- [0011] Avantageusement, la portion périphérique présente une teneur en deuxième élément filaire qui est croissante de manière monotone en s'éloignant de la portion centrale perpendiculairement à la première direction pour former le gradient de module

d'élasticité.

- [0012] Dans un mode de réalisation particulier, la deuxième résine est dopée avec des particules. La portion périphérique présente un rapport de la teneur en deuxième élément filaire sur la teneur en particules qui est croissant selon la direction radiale en s'éloignant de la portion centrale perpendiculairement à la première direction pour former le gradient de module d'élasticité.
- [0013] Préférentiellement, le rapport de la teneur en deuxième élément filaire sur la teneur en particules est croissant de manière inversement proportionnelle à la distance à la portion centrale pour former le gradient de module d'élasticité.
- [0014] Dans un autre développement, au moins plusieurs couches de la pluralité de couches possèdent, en outre, une nappe choisie parmi un tissu, un élément tissé, un ruban, une tresse, la nappe étant située sous ou au-dessus des deuxièmes éléments filaires dans lesdites plusieurs couches.
- [0015] Avantageusement, la nappe s'étend d'une extrémité à l'autre de la préforme dentaire selon la première direction et s'étend sur toutes les couches, la nappe se présentant sous la forme d'une spirale dans un plan de coupe perpendiculaire à la première direction, avec une alternance entre une épaisseur de nappe et une épaisseur de deuxième élément filaire selon une direction d'observation perpendiculaire à la première direction et dirigée depuis la portion centrale jusqu'à une extrémité de la portion périphérique.
- [0016] De manière préférentielle, une pluralité de tubes concentriques sont formés par la nappe de la pluralité de couches depuis l'interface avec la portion centrale jusqu'à la paroi externe de la portion périphérique.
- [0017] Dans un mode de réalisation privilégié, chaque couche comporte plusieurs deuxièmes éléments filaires bobinés en spires autour de la portion centrale.
- [0018] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication qui permet de former facilement une préforme dont les performances mécaniques sont mieux maîtrisées. On tend à résoudre ce problème au moyen d'un procédé de fabrication d'une préforme dentaire comportant les étapes suivantes :
 - fournir un mandrin s'étendant selon une première direction ;
 - former une portion périphérique sous la forme d'un anneau autour de la du mandrin perpendiculairement à la première direction, la portion périphérique possédant une pluralité de couches faisant le tour du mandrin, les couches étant disposées les unes autour des autres perpendiculairement à la première direction, chaque couche comportant au moins un deuxième élément filaire et une deuxième résine, la deuxième résine liant mécaniquement les deuxièmes éléments filaires (6) entre eux dans la portion périphérique ;
 dans laquelle le au moins un deuxième élément filaire de chaque couche présente une

direction longitudinale qui est décalée par rapport à la première direction d'un angle compris entre 10° et 80° ou entre 100° et 170° ;

dans lequel les au moins un deuxième élément filaire de deux couches consécutives présentent des orientations opposées ;

dans lequel le au moins un deuxième élément filaire de chaque couche n'appartiennent pas à un tissu ou à un élément tissé ;

dans lequel le mandrin est une portion centrale formée par une pluralité de premiers éléments filaires et une première résine, les premiers éléments filaires s'étendant majoritairement selon la première direction, la première résine liant mécaniquement les premiers éléments filaires entre eux, les premiers éléments filaires et les deuxièmes éléments filaires étant liés entre eux au moins par la première résine et la deuxième résine, ou dans lequel le mandrin est retiré pour définir une zone vide dans la portion périphérique, la zone vide étant remplie par une pluralité de premiers éléments filaires et une première résine, les premiers éléments filaires s'étendant majoritairement selon la première direction, les premiers éléments filaires et les deuxièmes éléments filaires étant liés entre eux au moins par la première résine et la deuxième résine.

[0019] Avantageusement, deux couches successives partagent le au moins un deuxième élément filaire. Les spires sont formées par un bobinage en nid d'abeille, et préférentiellement le au moins un deuxième élément filaire s'étend continument sur toutes les couches de la portion périphérique.

[0020] De manière préférentielle, chaque couche comporte, en outre, une nappe formée par un tissu ou un élément tissé dont le fil de trame ou de quasi-trame s'étend selon la première direction, la nappe s'étendant continument sur la pluralité de couches et se présentant sous la forme d'une spirale dans un plan de coupe perpendiculaire à la première direction.

[0021] Dans un mode de réalisation privilégié, le procédé comporte au moins une découpe d'un ensemble formé par la portion centrale et la portion périphérique perpendiculairement à la première direction pour définir la dimension de la préforme dentaire selon la première direction.

[0022] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une prothèse dentaire dont les performances mécaniques sont mieux maîtrisées. On tend à résoudre ce problème au moyen d'un procédé de fabrication d'une prothèse dentaire comportant les étapes suivantes :

- une fourniture d'une préforme dentaire selon l'une quelconque des configurations précédentes ;

- un usinage de la préforme dentaire dans lequel une partie de la portion périphérique est complètement éliminée pour atteindre la portion centrale destinée à former un ancrage canalaire, et une autre partie de la portion périphérique est partiellement

éliminée pour former une portion coronaire de la prothèse dentaire selon une forme prédéfinie.

- [0023] Préférentiellement, le procédé comporte avant l'usinage, une découpe de la préforme dentaire perpendiculairement à la première direction pour définir la dimension de la préforme dentaire selon la première direction.

Description sommaire des dessins

- [0024] D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation et de mise en œuvre de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :
- [0025] [Fig.1] : la [Fig.1] illustre schématiquement une vue en perspective d'une préforme dentaire ;
- [0026] [Fig.2] : la [Fig.2] illustre schématiquement une vue en perspective d'une préforme dentaire montée sur un préhenseur ;
[Fig.3] : la [Fig.3], illustre schématiquement une autre vue en perspective d'une préforme dentaire montée sur un préhenseur selon un autre mode de réalisation ;
- [0027] [Fig.4] : la [Fig.4] illustre schématiquement une vue plus détaillée de la portion centrale d'une préforme dentaire ;
- [0028] [Fig.5] : la [Fig.5] illustre schématiquement une étape de bobinage du deuxième élément filaire pour former la portion périphérique de la préforme dentaire ;
- [0029] [Fig.6] : la [Fig.6] illustre schématiquement une vue en coupe d'une préforme dentaire ;
- [0030] [Fig.7] : la [Fig.7] illustre schématiquement une vue éclatée d'un autre mode de réalisation d'un dispositif de réglage d'un tour de tête.

Description des modes de réalisation

- [0031] Les figures 1, 2 et 3 représentent une préforme dentaire 1. La préforme dentaire 1 possède une portion centrale 2 et une portion périphérique 3. La préforme dentaire 1 peut être une préforme dentaire à usiner ou une préforme générique qui sera découpée pour former les préformes dentaires qui seront à usiner. La préforme est réalisée en matériau composite avec au moins une résine et au moins un élément filaire.
- [0032] La [Fig.4] illustre une vue plus détaillée de la préforme dentaire 1 et notamment la portion centrale 2. La portion centrale 2 possède une pluralité de premiers éléments filaires 4 et une première résine 5. Les premiers éléments filaires 4 s'étendent majoritairement selon une première direction AA. La première résine 5 lie mécaniquement les premiers éléments filaires 4 entre eux.
- [0033] Les premier éléments filaires 4 possèdent des premiers éléments filaires 4 orientés principalement selon la première direction AA, préférentiellement parallèlement entre

eux. Préférentiellement, les premiers éléments filaires 4 s'étendent continument d'une extrémité à l'autre de la préforme selon la première direction AA pour faciliter la transmission des efforts sur la hauteur de la portion centrale 2. Les premiers éléments filaires 4 peuvent comporter des fils unidirectionnels, des éléments tissés, du tissu, un ruban, une tresse. Il est également possible de combiner plusieurs de ces éléments par exemple des fils et des tresses. Un élément tissé, un tissu, un ruban ou une tresse peut être formé par plusieurs fils ou fibres.

- [0034] Les fils peuvent être des fils en silice, en matériau organique. De préférence, les fils sont réalisés dans un matériau choisi parmi le polyéthylène, le polyétheréthércétone PEEK et le carbone. Il peut en être de même pour les fibres. De manière préférentielle, les premiers éléments filaires 4 s'étendent continument sur toute la hauteur de la préforme dentaire 1, c'est-à-dire selon la première direction AA.
- [0035] De manière privilégiée, la première résine 5 est une résine polymère qui est avantageusement chargée par des particules, de préférence des micro-particules et/ou des nano-particules. Les fils, fibres, tissus, rubans, tresses et autres éléments formant les premiers éléments filaires 4 peuvent être recouverts d'une résine d'imprégnation. La résine d'imprégnation peut être identique ou différente de la première résine 5. La résine d'imprégnation et la première résine 5 sont chimiquement compatibles pour assurer la liaison mécanique entre les premiers éléments filaires 4. Les résines sont préférentiellement des résines thermodurcissables.
- [0036] La portion centrale 2 peut avoir une forme quelconque dans son plan de coupe perpendiculaire à la première direction AA. De préférence, la portion centrale 2 présente une section circulaire.
- [0037] La portion centrale 2 possède plusieurs premiers éléments filaires 4 qui présentent un module d'élasticité supérieur au module d'élasticité de la première résine 5 selon la première direction AA. La portion centrale 2 peut également présenter un élément filaire additionnel qui possède une dureté inférieure à la dureté des premiers éléments filaires 4 et de la première résine 5 de manière à définir une zone de gravure privilégiée et ainsi faciliter une intervention jusqu'à un apex infecté.
- [0038] Il est avantageux que la portion centrale 2 comporte une majorité volumique de premiers éléments filaires 4 par rapport à tout autre élément filaire pour mieux canaliser les efforts.
- [0039] Il est avantageux que la portion centrale 2 comporte exclusivement les premiers éléments filaires 4 et la première résine 5. Les efforts appliqués dans la portion centrale 2 sont mieux canalisés.
- [0040] La portion périphérique 3 entoure complètement la portion centrale 2 perpendiculairement à la première direction AA. La portion périphérique 3 forme un anneau dont la partie interne est remplie par la portion centrale 2.

- [0041] La portion périphérique 3 comporte des deuxième éléments filaires 6 et une deuxième résine 7. La deuxième résine 7 lie mécaniquement les deuxième éléments filaires 6 entre eux. La première résine 5 et la deuxième résine 7 lient mécaniquement les premiers éléments filaires 4 avec les deuxième éléments filaires 6.
- [0042] La portion périphérique 3 comporte une pluralité de couches disposées les unes sur les autres perpendiculairement à la première direction AA depuis la portion centrale 2 et de préférence jusqu'à la paroi externe de la préforme dentaire 1. Les couches font le tour de la portion centrale 2. De manière préférentielle, les couches comportent une ou plusieurs spirales d'au moins un deuxième élément filaire 6 et de la deuxième résine 7 autour de la portion centrale 2. Le au moins un deuxième élément filaire 6 forme au moins un tour complet autour de la portion centrale 2 dans une observation selon la première direction AA. Dans un mode de réalisation privilégié, un deuxième élément filaire 6 s'étend continument d'une extrémité à l'autre de la préforme dentaire 1 selon la première direction AA sous la forme d'une spirale réalisant plusieurs tours entiers autour de la portion centrale 2. Avantageusement, un deuxième élément filaire 6 réalise au moins deux tours entiers autour de la portion centrale 2. Préférentiellement, le deuxième élément filaire 1 présente un pas de bobinage constant ou sensiblement constant sur la hauteur de la préforme dentaire 1, c'est-à-dire selon la première direction AA.
- [0043] Le ou les deuxième éléments filaires 6 de chaque couche présentent une direction longitudinale qui est décalée par rapport à la première direction AA d'un angle compris entre 10° et 80° ou entre 100° et 170° . Lorsqu'un deuxième élément filaire 6 fait le tour complet de la portion centrale 2, il se décale dans un sens ou dans un autre selon la première direction AA. Dans le mode de réalisation illustré à la [Fig.5], l'angle réalisé entre la direction longitudinale du deuxième élément filaire 6 en cours de bobinage (axe BB) et la première direction AA est compris entre 10° et 80° . Dans cette configuration, à chaque tour autour de la portion centrale 2, le deuxième élément filaire 6 se décale vers la droite. Dans la couche suivante et dans la couche précédente, l'angle réalisé entre la direction longitudinale du deuxième élément filaire 6 en cours de bobinage et la première direction AA est compris entre 100° et 170° , cela correspond à un deuxième élément filaire 6 dont l'axe longitudinal présente une direction opposée à celle de la couche précédente. A chaque tour de la portion centrale 2, le deuxième élément filaire 6 se décale vers la gauche. Le sens de bobinage est opposé entre deux couches consécutives. L'utilisation de deuxième éléments filaires 6 de deux couches consécutives avec des orientations opposées permet aux deuxième éléments filaires 6 de deux couches consécutives de définir un maillage lors d'une observation perpendiculaire à la première direction AA.
- [0044] Dans chaque couche, il existe au moins un deuxième élément filaire 6, par exemple

un fil, une fibre, un ruban, une tresse qui s'étend d'une extrémité à l'autre de la préforme dentaire 1 selon la première direction AA, dans la portion périphérique. Le au moins un deuxième élément filaire 6 forme une pluralité de spires autour de la portion centrale 2. Selon les couches, les spires tournent dans des sens opposés autour de la première direction AA. De manière préférentielle, dans chaque couche, les deuxièmes éléments filaires 6 s'étendent continument d'une extrémité à l'autre de la préforme dentaire 1 selon la première direction AA en formant des spires autour de la portion centrale 2.

- [0045] Il est avantageux que les deuxièmes éléments filaires 6 forment au moins cinq tours autour de la portion centrale 2.
- [0046] Le ou les deuxièmes éléments filaires 6 de chaque couche n'appartiennent pas à un tissu ou à un élément tissé. Le ou les deuxièmes éléments filaires 6 de chaque couche définissent uniquement une spirale autour de la portion centrale 2. De manière préférentielle, les deuxièmes éléments filaires 6 sont uniquement reliés par de la résine selon la première direction AA. Il n'y a pas de fil de trame ou de quasi fil de trame comme dans un élément tissé pour les relier entre eux.
- [0047] Les deuxièmes éléments filaires 6 sont bobinés pour former une pluralité de spires autour de la portion centrale 2. La pluralité de spires se présente sous la forme d'un empilement de spires autour de la portion centrale 2. L'empilement de spires comporte plusieurs couches de spires disposées les unes sur les autres selon une direction radiale perpendiculaire à la première direction AA.
- [0048] Les deuxièmes éléments filaires 6 définissent une pluralité de trous qui s'étendent jusqu'à la portion centrale 2 selon une direction perpendiculaire à la première direction AA. Les trous sont remplis par la deuxième résine 7. Les trous sont définis par les multiples couches de spires qui se superposent et ils se présentent préférentiellement sous la forme de losanges lors d'une observation perpendiculairement à la première direction AA.
- [0049] Les deuxièmes éléments filaires 6 peuvent comporter un fil unidirectionnel, un élément tissé, du tissu, un ruban, une tresse. Le fil peut être un fil en silice, en matériau organique. De préférence, le fil est réalisé dans un matériau choisi parmi le polyéthylène, le polyétheréthercétone (PEEK) et le carbone. Les deuxièmes éléments filaires 6 peuvent avoir une composition chimique identique à celle des premiers éléments filaires 4 ou alors une composition chimique différente de ces derniers.
- [0050] De manière privilégiée, la deuxième résine 7 est une résine polymère qui est chargée par des particules 7a, de préférence des micro-particules et/ou des nano-particules. Les fils, fibres, tissus, rubans, tresses et aux éléments formant les deuxièmes éléments filaires peuvent être recouverts d'une deuxième résine d'imprégnation. La deuxième résine d'imprégnation peut être identique ou différente de la deuxième résine 7. La

deuxième résine d'imprégnation et la deuxième résine 7 sont chimiquement compatibles pour assurer la liaison mécanique entre les deuxièmes éléments filaires 6. Les résines sont préférentiellement des résines thermodurcissables.

- [0051] La formation de plusieurs couches annulaires disposées les unes autour des autres et reliées mécaniquement entre elles par la deuxième résine 7 permet de moduler efficacement les performances mécaniques de manière radiale ou sensiblement radiale perpendiculairement à la première direction AA. L'épaisseur d'un deuxième élément filaire étant faible, il est possible de réaliser un nombre important de tours autour de la portion centrale 2 pour former la portion périphérique 3 tout en restant dans les dimensions latérales d'une dent à réparer. Il est donc possible de réaliser facilement une préforme dentaire 1 dont les performances mécaniques sont maîtrisées radialement, c'est-à-dire en fonction de son éloignement par rapport à la portion centrale 2.
- [0052] La modulation des caractéristiques de bobinage dans chaque couche depuis l'interface avec la portion centrale 2 jusqu'à la paroi externe de la portion périphérique 3 offre une grande liberté dans la modulation des caractéristiques mécaniques de manière radiale ou sensiblement radiale.
- [0053] Chaque couche est formée au moins par un ou plusieurs deuxièmes éléments filaires 6 qui sont enroulés en spirale autour de la portion centrale 2 et sur la couche inférieure le cas échéant. Le bobinage spiralé présent dans chaque couche est défini au moins par les caractéristiques techniques suivantes :
- le nombre de deuxième éléments filaires 6 bobinés dans une couche ;
- [0054] - les caractéristiques techniques intrinsèques du ou des deuxièmes éléments filaires 6 utilisés avec par exemple le module d'élasticité, la section, la composition chimique, l'état de surface ;
- la tension de bobinage de chaque élément filaire bobiné ;
 - le pas de bobinage, c'est-à-dire le décalage selon la première direction AA lorsqu'un tour complet est réalisé ce qui a pour équivalent l'angle existant entre la première direction AA et l'axe longitudinal du deuxième élément filaire ;
 - l'utilisation ou non d'une résine d'imprégnation et la composition de la résine d'imprégnation le cas échéant pour chaque élément filaire.
- [0055] Les caractéristiques mécaniques d'une couche sont fonctions des caractéristiques de bobinage ainsi que de la composition de la deuxième résine 7 dans ladite couche.
- [0056] Afin de former une préforme dentaire 1 qui possède des caractéristiques mécaniques qui se rapprochent de celle d'une dent naturelle, il est avantageux de former une portion périphérique 3 qui possède un gradient de module d'élasticité selon une direction perpendiculaire à la première direction AA. Le module d'élasticité est croissant dans la portion périphérique 3 à partir de l'interface avec la portion centrale 2 et en s'éloignant de la portion centrale 2. Le module d'élasticité est avantageusement le

module d'élasticité selon la première direction AA et/ou selon la direction perpendiculaire à la première direction AA.

- [0057] De manière préférentielle, le gradient de module d'élasticité dans la portion périphérique 3 est croissant de manière monotone à partir de l'interface avec la portion centrale 2 jusqu'à au moins 50% de l'épaisseur de la portion périphérique 3 et encore plus préférentiellement sur au moins 75% de l'épaisseur voire sur toute l'épaisseur de la portion périphérique 3. De manière encore plus préférentielle, le gradient de module d'élasticité dans la portion périphérique 3 est linéairement croissant à partir de l'interface avec la portion centrale 2 jusqu'à au moins 50% de l'épaisseur de la portion périphérique et encore plus préférentiellement sur au moins 75% de l'épaisseur voire sur toute l'épaisseur de la portion périphérique 3.
- [0058] Dans un mode de réalisation avantageux, à l'extrémité externe de la portion périphérique 3, le module d'élasticité est supérieur à 80GPa et inférieur à 20 Gpa à proximité immédiate ou dans la portion centrale 2. De manière privilégiée, le gradient de module d'élasticité s'étend sur au moins 40GPa.
- [0059] Pour réduire la propagation des microfractures depuis la face externe de la préforme dentaire 1 vers la portion centrale 2, il est avantageux de faire décroître la valeur du module d'élasticité au fur et à mesure que l'on se rapproche de la portion centrale 2, de préférence sur au moins 40GPa et encore plus préférentiellement de manière linéairement décroissante.
- [0060] Pour obtenir un gradient du module d'élasticité sur plusieurs couches, les caractéristiques de bobinages évoluent d'une couche à l'autre ou d'un ensemble de couches à l'autre.
- [0061] Le gradient de module d'élasticité peut être obtenue en modifiant au moins un des paramètres suivants :
- le nombre de deuxièmes éléments filaires 6 dans la couche,
 - la valeur du pas de bobinage,
 - la composition chimique de la deuxième résine 7,
 - la tension de bobinage du deuxième élément filaire 6,
- [0062] - la section et/ou la composition chimique du ou des éléments filaires formant le deuxième élément filaire 6,
- [0063] - l'état de surface du deuxième élément filaire 6.
- [0064] La modification de la composition chimique de la deuxième résine 7 ou de la deuxième résine d'imprégnation peut être une modification de la teneur en charges, par exemple la teneur en microparticules, la teneur en nanoparticules, la teneur en microfibrilles (whiskers). La modification de la composition chimique peut être une modification de la composition chimiques des charges. Les modifications réalisées sur la deuxième résine 7 ont pour effet de modifier ses caractéristiques mécaniques selon la

direction perpendiculaire à la première direction AA et selon la première direction. Par exemple, pour augmenter la valeur du module d'élasticité en s'éloignant de la portion centrale 2, il est possible d'augmenter la teneur en charges (les autres paramètres n'ayant pas évolué) dans les couches, au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la portion centrale 2. Il est également possible de modifier plusieurs paramètres entre deux couches successives, par exemple le pas de bobinage et la teneur en charges.

- [0065] Dans un mode de réalisation, une couche est formée par plusieurs spires issues d'un même fil bobiné autour de la portion centrale 2. Dans une alternative de réalisation, plusieurs fils différents sont bobinés autour de la portion centrale 2. Les fils d'une même couche peuvent être identiques en section et en composition. Il est également possible de prévoir des fils de même composition et de sections différentes pour utiliser des fils ayant des performances mécaniques différentes. Il est encore possible d'utiliser des fils ayant des compositions différentes avec des sections identiques ou différentes pour former une couche avec des fils ayant des performances mécaniques différentes. Lorsque les couches sont formées par des fils ayant des performances mécaniques différentes, la modification de la proportion des fils entre deux couches permet de modifier la valeur du module d'élasticité entre deux couches, les autres paramètres étant inchangés. Il est bien entendu possible de modifier ce paramètre et au moins un autre choisi parmi le pas de bobinage et la composition de la deuxième résine 7.
- [0066] Dans un mode de réalisation particulier, en plus du ou des deuxièmes éléments filaires 6 et de la deuxième résine 7, au moins une couche possède une nappe 8 qui fait le tour de la portion centrale 2. La nappe 8 peut être un tissu ou un élément tissé, un ruban ou une tresse. Le tissu possède des fils de trame 8b et des fils de chaîne 8a. L'élément tissé se distingue du tissu en ce qu'il est dépourvu de fil de trame. Il existe des quasi-fils de trame qui sont orientés comme le fil de trame d'un tissu mais qui sont mécaniquement distincts. Les quasi-fils de trames ne se rejoignent pas.
- [0067] Il est particulièrement avantageux d'utiliser des nappes 8 et notamment des nappes 8 qui ont des fils ou éléments filaires orientés parallèlement à la première direction AA. Lorsque la préforme 1 est utilisée pour former un élément prothétique de type inlay-core, les fils ou éléments filaires orientés selon la première direction AA permettent un meilleur transfert des efforts selon la hauteur de l'élément prothétique, c'est-à-dire selon la direction qui relie l'apex radiculaire au sommet de la partie coronaire. Les fils ou éléments filaires améliorent les caractéristiques de résistance mécanique et de ténacité lors des efforts masticatoires. Un tel gain est observé pour des efforts selon la première direction AA ou selon un décalage angulaire égal à 45°.
- [0068] Dans ce cas de figure, il est avantageux de former une préforme dont la dimension maximale perpendiculaire à la première direction AA, par exemple un diamètre, est in-

férieure à 40mm. La disposition des éléments filaires dans la portion centrale 2 et dans la portion périphérique 3 et éventuellement le diamètre de la préforme peuvent être choisis en fonction de la dent à remplacer, par exemple ses dimensions, sa position dans la bouche et les caractéristiques des dents adjacentes.

- [0069] Il est également possible de former des préformes dentaires de plus grande dimension selon la direction perpendiculaire à la première direction AA et encore plus préférentiellement selon la première direction AA. La préforme peut avoir un diamètre supérieur à 5cm, avantageusement supérieur à 10cm et encore plus avantageusement supérieur à 20cm. L'épaisseur selon la première direction AA est avantageusement supérieure à 1cm, plus avantageusement supérieure à 2cm et encore plus avantageusement supérieure à 3cm. Les préformes dentaires peuvent alors être utilisées pour former des infrastructures de prothèses dento-portées, adjointes ou conjointes, ou encore d'implants.
- [0070] De manière préférentielle, la nappe 8 est un tissu ou un élément tissé dont le fil de trame ou le quasi-fil de trame est orienté majoritairement selon une direction parallèle à la première direction et dont les fils de chaîne sont disposés perpendiculairement à la première direction AA.
- [0071] La nappe 8 est plus large que le deuxième élément filaire 6 selon la première direction AA, de préférence légèrement plus large que le deuxième élément filaire 6 pour rester pleinement compatible avec le pas de bobinage. Préférentiellement, lorsque plusieurs deuxièmes éléments filaires sont utilisés dans une même couche, la nappe 8 s'étend sur un peu plus que la largeur occupée par les deuxièmes éléments filaires 6. L'utilisation de la nappe 8 ne modifie pas les caractéristiques de bobinage.
- [0072] De manière préférentielle, le bobinage de la nappe 8 est réalisé de manière à avoir un recouvrement des extrémités des spires selon la première direction AA. La nappe 8 forme alors un tube tout autour de la portion centrale 2 sur toute la hauteur de la préforme dentaire 1.
- [0073] Le ou les deuxièmes éléments filaires 6 sont disposés entre deux nappes 8 consécutives. Deux spires de deux couches consécutives sont séparées par une nappe 8.
- [0074] Il est avantageux que la nappe 8 s'étende continument sur plusieurs couches successives. En d'autres termes, la nappe 8 forme plusieurs tubes concentriques autour de la portion centrale 2. La connexion entre les tubes est réalisée aux deux extrémités opposées de la préforme selon la première direction AA de manière alternée entre l'extrémité supérieure et l'extrémité inférieure ou droite et gauche. Dans un mode de réalisation particulier, la nappe 8 s'étend continument sur toutes couches de la portion périphérique 3.
- [0075] La nappe 8 peut former plusieurs tours complets autour de la portion centrale 2, par exemple deux tours complets, cinq tours complets ou plus de dix tours complets. Le

nombre de tours complet peut être défini par le diamètre final recherché pour la préforme dentaire.

- [0076] Selon les modes de réalisation, lors du bobinage, la nappe 8 est déposée systématiquement sous ou au-dessus du au moins un deuxième élément filaire 6 de la couche.
- [0077] Dans une observation selon un plan de coupe perpendiculaire à la première direction AA, comme cela est illustré à la [Fig.6], la nappe 8 s'étend continûment sur plusieurs couches et se présente sous la forme d'une spirale. L'utilisation d'une nappe en spirale qui s'étend sur plusieurs couches et préférentiellement sur toutes les couches permet d'avoir une bonne transmission des efforts entre la partie externe de la préforme et sa portion centrale. Une telle configuration permet à la préforme de se rapprocher du fonctionnement mécanique d'une dent naturelle.
- [0078] La disposition en spirale des nappes et des deuxièmes éléments filaires 6 introduit un effet de serrage ce qui permet de former des éléments filaires très résistants. La disposition en spirale permet également d'améliorer la ténacité de la préforme dentaire ce qui facilite le blocage des microfissures.
- [0079] La disposition en spirale permet d'installer des éléments filaires de grande longueur dans une préforme de dimension réduite. La longueur de l'élément filaire, par exemple un fil de chaîne ou un deuxième élément filaire peut être au moins cinq fois la hauteur de la préforme, de préférence au moins 10 fois la hauteur, ou au moins 20 fois la hauteur. La longueur de l'élément filaire, par exemple un fil de chaîne ou un deuxième élément filaire peut être au moins cinq fois le diamètre de la préforme, de préférence au moins 10 fois le diamètre, ou au moins 20 fois le diamètre. L'utilisation d'éléments filaires très longs procure une meilleure résistance mécanique à la préforme.
- [0080] La préforme dentaire formée peut être une préforme à usiner ou une préforme à découper.
- [0081] Lorsque l'on réalise une préforme à usiner, c'est-à-dire à usiner sans passer par une étape préalable de découpe perpendiculairement à la première direction, il est avantageux que la préforme soit de dimension réduite, par exemple avec un diamètre inférieur à 50mm. La préforme présente un volume qui est du même ordre de grandeur que celui d'une dent. Un préhenseur 9 est fixé à la préforme pour faciliter l'usinage comme cela est illustré à la [Fig.1]. L'usinage de la préforme définit préférentiellement un inlay-core avantageusement par une technique d'usinage dite CAD- CAM milling. La préforme dentaire peut également former une reconstitution corono-radulaire. La préforme est alors recouverte par une couronne qui peut être en céramique, en matériau composite et préférentiellement en zircone. Il est encore possible d'utiliser la préforme dentaire pour former un pilier d'implant. La configuration mécanique de la préforme est particulièrement avantageuse pour supporter les efforts masticatoires qui sont multidirectionnels. Il est également possible de former des préformes plus larges, mais cela

pose des problématiques de fabrication et de maintien des couches les unes sur les autres. Les préformes plus larges peuvent former des infrastructures de bridge, par exemple sur dents naturelles ou implantaires.

- [0082] Lorsque l'on forme une préforme à usiner, la préforme doit être découpée une ou plusieurs fois perpendiculairement à la première direction AA afin de définir une pluralité de préforme élémentaire qui formeront les préformes à usiner. Il est avantageux de former une préforme plus haute selon la première direction AA pour être apte à former plusieurs préformes à usiner. Il est également avantageux de former des préformes plus larges pour adapter la préforme à d'autres utilisations que la formation d'inlay-core, par exemple des infrastructures de bridge, par exemple sur dents naturelles ou implantaires. L'étape de découpage permet d'adapter la hauteur de la préforme en fonction des besoins. Pour former facilement une préforme de largeur importante, il est préférable de former une préforme de hauteur importante à ce qui facilite le bon maintien des deuxièmes éléments filaires et les nappes entre elles sur les multiples couches.
- [0083] La préforme est plus déformable qu'un équivalent métallique et par exemple les supports en métaux à mémoire de forme. La déformabilité de la préforme est définie au moyen des performances mécaniques des différentes couches. Une préforme avec des grandes dimensions et un gradient de module d'élasticité permet de mieux adapter les performances de la préforme aux contraintes des arcades dentaires. La préforme peut avoir une section circulaire ou ovale ou selon une forme proche de ces dernières pour mieux s'adapter à la forme des arcades dentaires et ainsi mieux adapter les propriétés mécaniques.
- [0084] La préforme dentaire à usiner directement est usinée afin de former une prothèse dentaire de type inlay-core avec une zone canalaire et une zone coronaire. La zone canalaire est destinée à s'introduire dans le canal dentaire d'une racine dentaire d'un modèle de laboratoire. La zone coronaire est destinée à former la partie coronaire de la dent détruite par la carie, par exemple pour soutenir une coiffe prothétique périphérique. La préforme dentaire est usinée de sorte que la portion centrale s'enfonce dans le canal dentaire et s'étende dans la partie coronaire. Une partie de la portion périphérique 3 est complètement éliminée pour former la partie canalaire. La portion périphérique est usinée et en partie conservée afin de former la partie coronaire qui va simuler la dentine d'une dent naturelle. La portion périphérique est usinée afin de définir une forme qui se rapproche de la forme de la dentine à remplacer.
- [0085] La préforme dentaire 1 est usinée au moyen de toute machine d'usinage adaptée, de préférence une machine d'usinage assistée par ordinateur par exemple de 3 axes à 5 axes. La préforme dentaire 1 est usinée afin de reproduire une forme prédéfinie qui est calculée au moins à partir de l'empreinte de la dent à réparer.

- [0086] Les figures 2 et 3 représentent deux modes de réalisation où la préforme dentaire 1 possède un préhenseur 9. Dans le mode de réalisation de la [Fig.2], le préhenseur 9 est fixé sur la paroi latérale externe de la portion périphérique 3. Dans le mode de réalisation de la [Fig.2], le préhenseur 9 est fixé sur une face d'extrémité, c'est-à-dire une face sur laquelle débouche les premier éléments filaires 4.
- [0087] La formation de plusieurs couches concentriques, préférentiellement avec des spires obtenues par bobinage et avantageusement par bobinage en nid d'abeille permet de définir plus précisément les performances mécaniques de la portion périphérique 3 pour chaque couche et donc l'évolution des caractéristiques en fonction de l'éloignement par rapport à la portion centrale 2.
- [0088] Ce mode de réalisation permet de former une préforme dentaire avec des caractéristiques mécaniques qui sont sensiblement identiques tout autour de la portion centrale en fonction de la valeur du rayon. Il est alors possible de définir les caractéristiques techniques attendues en fonction des caractéristiques de bobinage de la couche ce qui inclut la composition de la résine utilisée dans la couche.
- [0089] La préforme dentaire 1 peut être formée de différentes manières. La portion périphérique 3 est formée sur un mandrin 10. Dans un mode de réalisation, le mandrin 10 est formé par la portion centrale 2, c'est-à-dire l'ensemble formé par les premiers éléments filaires 4 et la première résine 5.
- [0090] Dans un autre mode de réalisation, le mandrin 10 est un autre élément, c'est-à-dire un élément qui ne fait pas partie de la préforme dentaire 1, par exemple un mandrin métallique. La portion périphérique 3 est formée autour du mandrin 10. Ensuite, le mandrin 10 est éliminé ce qui forme un trou dans la portion périphérique 3. Le trou est alors rempli par la première résine 5 et les premier éléments filaires 4 pour former la portion centrale 2 définie précédemment. Ce mode de réalisation est particulièrement adapté pour former une préforme à découper.
- [0091] Le mandrin 10 s'étend selon la première direction AA. Dans un mode de réalisation, le mandrin 10 tourne autour de la première direction AA qui passe à travers le mandrin 10. Dans un autre mode de réalisation, les deuxièmes éléments filaires 6 tournent autour du mandrin 10.
- [0092] La portion périphérique 3 est formée autour du mandrin 10 en formant une pluralité de couches les unes sur les autres. La portion périphérique 3 se présente sous la forme d'un anneau autour de la portion centrale 2 dans un plan de coupe perpendiculaire à la première direction AA. La portion périphérique 3 est formée en déposant un ou plusieurs deuxièmes éléments filaires 6 qui entourent le mandrin 10 et en déposant la deuxième résine 7. La deuxième résine 7 lie mécaniquement les deuxièmes éléments filaires 6 entre eux.
- [0093] Le ou les deuxièmes éléments filaires 6 définissent une pluralité de couches

disposées les unes sur les autres perpendiculairement à la première direction AA. Les couches font le tour du mandrin 10.

- [0094] Les deuxièmes éléments filaires 6 sont bobinés pour définir les différentes couches de la portion périphérique 3. Les deuxièmes éléments filaires 6 de chaque couche présentent une direction longitudinale qui est décalée par rapport à la première direction d'un angle compris entre 10° et 80° ou entre 100° et 170° . Le bobinage est réalisé avec un certain décalage angulaire par rapport à la première direction AA et par rapport à la perpendiculaire à la première direction AA. Les deuxièmes éléments filaires 6 sont préférentiellement bobinés depuis une extrémité jusqu'à l'autre extrémité du mandrin 10.
- [0095] La formation de la portion périphérique 3 est réalisée de sorte que deux couches consécutives présentent des deuxièmes éléments filaires 6 ayant des orientations opposées. Les deuxièmes éléments filaires 6 de deux couches consécutives définissent un maillage lors d'une observation perpendiculaire à la première direction AA. Ainsi, si dans une première couche le bobinage des deuxièmes éléments filaire est réalisé « montant » ou « dextrogyre », le bobinage des couches immédiatement consécutives inférieure et supérieure est réalisé « descendant » ou « lévogyre » et inversement.
- [0096] Lors de la formation de la portion périphérique 3, les deuxièmes éléments filaires 6 de chaque couche n'appartiennent pas à un tissu ou à un élément tissé.
- [0097] Afin de former la portion périphérique 3 de manière efficace, il est particulièrement avantageux de réaliser un bobinage en nid d'abeille du ou des deuxièmes éléments filaires 6 sur le mandrin 10. Dans un bobinage en nid d'abeille, un ou plusieurs deuxièmes éléments filaire 6 sont bobinés autour du mandrin 10 de manière continue. Le ou les éléments filaires 6 sont fournis par un bras 11 qui se déplace dans un sens depuis une première butée jusqu'à atteindre une deuxième butée. Une fois la deuxième butée atteinte, le bras 11 se déplace dans l'autre sens. Le déplacement du bras 11 est lié à la rotation du mandrin 10 sur lui-même ou à la rotation du bras autour du mandrin 10, mais ce deuxième mode de réalisation est moins avantageux car il est plus difficile à mettre en œuvre. La réalisation du bobinage en nid d'abeille est connue en soi et a été utilisée pour former des inductances électriques.
- [0098] Le bobinage en nid d'abeille est particulièrement avantageux car il permet de réaliser rapidement et de manière maîtrisée, les spires de chaque couche et plus particulièrement des spires dans des directions opposées pour deux couches consécutives. La position des deuxièmes éléments filaire est définie par la position du bras 11 mobile ce qui permet de placer les éléments filaires les uns sur les autres de manière reproductible lorsque le pas de bobinage est constant entre deux couches dans le même sens.
- [0099] Un tel mode de bobinage autorise une modification aisée de la tension dans les deuxièmes éléments filaires 6 lors du bobinage. Un tel mode de réalisation permet

également de modifier facilement la relation entre le déplacement du bras 11 et la rotation du mandrin 10.

- [0100] L'épaisseur des deuxièmes éléments filaires 7 étant connue, il est possible de connaître l'épaisseur d'une couche. Le cas échéant, l'épaisseur de la nappe 8 est également connue. Pour modifier les caractéristiques mécaniques de la portion périphérique 3 en fonction de son éloignement par rapport à l'axe de rotation du mandrin 10 ou à la surface externe du mandrin, il est possible de compter le nombre de tours réalisés et d'estimer l'épaisseur correspondante.
- [0101] On définit des conditions de bobinage pour chaque tour de la préforme dentaire 1 et on forme la préforme dentaire 1 en bobinant les deuxièmes éléments filaires 6 selon les conditions de bobinage c'est-à-dire en imposant les caractéristiques du bobinage, la composition des deuxièmes éléments filaires 6, la composition de la deuxième résine 7 et la composition de la résine d'imprégnation le cas échéant.
- [0102] La [Fig.5] illustre un mode de réalisation particulier de la configuration décrite plus haut avec un mandrin 10 monté rotatif autour de la première direction AA. Plusieurs deuxièmes éléments filaires 6 sont fournis et passent à travers une filière 12 montée sur un bras 11 mobile. La rotation du mandrin 10 entraîne le déplacement du bras 11 et des filières 12 dans un mouvement de va et vient parallèlement à la première direction AA. La valeur de déplacement du bras 11 lorsqu'un tour de mandrin 10 est réalisé définit la valeur de l'angle qui existe entre la direction AA et l'axe longitudinal des deuxièmes éléments filaires 6.
- [0103] Les deuxièmes éléments filaires 6 passent à travers un bac d'imprégnation 13 qui contient une résine d'imprégnation ou la deuxième résine 5. En modifiant la composition de la résine dans le bac d'imprégnation 13, il est possible de modifier la composition de la résine en fonction du nombre de couches déposées, c'est-à-dire du nombre de tours de mandrin 10 depuis l'interface avec le mandrin 10. Cette modification permet de définir le gradient de module d'élasticité. De manière préférentielle, le bac d'imprégnation fournit la deuxième résine 7. Il est possible de régler le taux d'imprégnation du au moins deuxième élément filaire ce qui permet de définir au moins en partie l'épaisseur de la couche.
- [0104] Dans le mode de réalisation illustré à la [Fig.5], trois deuxièmes éléments filaires élémentaires sont fournis et se rejoignent pour former un unique deuxième élément filaire 6. En modulant le nombre d'éléments filaires élémentaires qui passent à travers le réservoir d'imprégnation 13, il est possible de régler la quantité de deuxième résine 7 qui est déposée.
- [0105] Dans une alternative de réalisation, le bras 11 bouge uniquement le deuxième élément filaire 6 ou le réservoir d'imprégnation 13 afin de déplacer le deuxième élément filaire 6 pour former les spires.

- [0106] Dans une alternative de réalisation illustré à la [Fig.7], chaque fil est associé à un bac d'imprégnation 13 spécifique.
- [0107] La [Fig.7] illustre un mode de réalisation proche de celui de la [Fig.5] où quatre éléments filaires 6 sont bobinés autour du mandrin 10. Par soucis de clarté, seulement deux éléments filaires 6 passent à travers une filière 12 montée sur un bras 11 mobile. Le déplacement du bras 11 dans un mouvement de va et vient est lié à la rotation du mandrin 10 comme précédemment.
- [0108] Les deux éléments filaires 6 passent à travers deux bacs d'imprégnation 13 différents ce qui permet de modifier la résine associée à chacun des éléments filaires 6 de manière indépendante en fonction du nombre de tours de mandrin 10 réalisés.
- [0109] La [Fig.7] illustre également le bobinage d'une nappe 8 autour du mandrin 10. La nappe 8 et les deuxièmes éléments filaires 6 sont bobinés dans le même sens. La nappe 8 s'étend sur toute la hauteur de la préforme dentaire 1 ou sur plus que toute la hauteur de la préforme dentaire 1 à former, par exemple sur toute la longueur active du mandrin 10 selon la première direction AA.
- [0110] La nappe 8 est bobinée sans pas de bobinage selon la première direction AA ou avec un pas de bobinage compatible avec un recouvrement total de la hauteur de la préforme dentaire 1 à chaque tour. Dans ce mode de réalisation, il est avantageux d'utiliser plusieurs deuxièmes éléments filaires 6 qui sont répartis sur la largeur de la nappe 8, de préférence uniformément répartis sur la largeur de la nappe 8. Chacun des deuxièmes éléments filaires 6 forme des spires autour de la portion centrale 2, chacune des spires s'étendant d'une extrémité à l'autre de la future préforme dentaire 1 selon la première direction AA. Les spires sont décalées les unes des autres selon la première direction AA et peuvent s'étendre au-delà de la hauteur de la préforme 1.
- [0111] Lorsque plusieurs deuxièmes éléments filaires 6 sont utilisés dans une couche, il est avantageux d'associer un bac d'imprégnation spécifique pour chaque deuxième élément filaire pour être en mesure de dissocier la composition de la deuxième résine associée et ainsi mieux maîtriser l'évolution des caractéristiques mécaniques selon la direction radiale.
- [0112] Lorsque plusieurs deuxièmes éléments filaires 6 sont utilisés dans une couche, il est avantageux d'utiliser un bras 11 indépendant pour chaque deuxième élément filaire 6 pour être en mesure de dissocier le pas de bobinage et ainsi mieux maîtriser l'évolution des caractéristiques mécaniques selon la direction radiale.
- [0113] Une fois la préforme dentaire 1 totalement bobinée, il est avantageux de réaliser la polymérisation de la deuxième résine 7 et de la deuxième résine d'imprégnation le cas échéant.
- [0114] De manière préférentielle, la préforme dentaire 1 bobinée et polymérisée présente une section circulaire. Les caractéristiques mécaniques de la portion périphérique 3

évoluent selon la distance par rapport au centre de la préforme dentaire 1 perpendiculairement à la première direction AA.

- [0115] Dans un mode de réalisation particulier, la préforme dentaire 1 est fournie puis une étape de découpe est réalisée de manière à définir une pluralité de préformes élémentaires à partir de la préforme initiale. Le plan de découpe ZZ est préférentiellement perpendiculaire à la première direction AA. Il est alors possible de former une préforme élémentaire avec la hauteur choisie (la dimension selon la première direction AA) en fonction des besoins.
- [0116] La préforme dentaire 1 ou la préforme dentaire élémentaire étant destinée à être usinée pour former un élément prothétique dentaire, la dimension selon la première direction AA est préférentiellement comprise entre 10 mm et 60 mm en fonction de l'élément prothétique à former.
- [0117] Il est avantageux que la préforme dentaire 1 soit dépourvue d'élément filaire qui s'étend principalement perpendiculairement ou perpendiculairement à la première direction AA et qui soit commun à la portion centrale 2 et à la portion périphérique 3. La préforme dentaire 4 est dépourvue d'élément filaire qui passe à travers les premiers éléments filaire 4 et entre les spires de deuxièmes éléments filaires 6.
- [0118] Il est avantageux que la préforme dentaire 1 soit dépourvue d'élément filaire qui s'étend perpendiculairement à la première direction AA et de manière radiale dans la portion périphérique 3.
- [0119] Il est avantageux que la préforme soit dépourvue d'élément filaire qui s'étend perpendiculairement à la première direction AA et de manière radiale dans la portion centrale 2.
- [0120] Lors des opérations de découpe perpendiculairement à la première direction AA ou lors des opérations d'usinage, les zones d'extrémités de la préforme dentaire 1 sont supprimées. Les spires terminales qui relient une couche avec la couche consécutive en allant vers l'extérieur ou en allant vers l'intérieur sont éliminées. Ces zones de liaison mécaniques entre les spires proviennent d'un bobinage en nid d'abeille. L'élimination des spires terminales fait que les spires sont uniquement reliées mécaniquement au moyen de la deuxième résine 7. Sans cette deuxième résine 7, les spires sont mécaniquement dissociées les unes des autres.
- [0121] De manière préférentielle, la préforme dentaire 1 se présente sous la forme d'un disque avec une section circulaire constante d'une extrémité à l'autre de la préforme selon la première direction. En alternative, la section peut être un cercle avec un méplat. D'autres formes sont possibles avec une section constante d'une extrémité à l'autre de la préforme dentaire 1 selon la première direction AA. La préforme dentaire est destinée à former une prothèse dentaire pour une installation, de préférence, sur un modèle de laboratoire.

Revendications

[Revendication 1]

Préforme dentaire (1) comportant :

- une portion centrale (2) formée par une pluralité de premiers éléments filaires (4) et une première résine (5), les premiers éléments filaires (4) s'étendant majoritairement selon une première direction (AA), la première résine (5) liant mécaniquement les premiers éléments filaires (4) entre eux ;
 - une portion périphérique (3) se présentant sous la forme d'un anneau autour de la portion centrale (2) perpendiculairement à la première direction (AA), la portion périphérique (3) comportant des deuxième éléments filaires (6) et une deuxième résine (7), la deuxième résine (7) liant mécaniquement les deuxième éléments filaires (6) entre eux, les premiers éléments filaires (4) et les deuxième éléments filaires (6) étant liés mécaniquement entre eux au moins par la première résine (5) et la deuxième résine (7) ;
- dans laquelle la portion périphérique (3) comporte une pluralité de couches disposées les unes sur les autres perpendiculairement à la première direction (AA), les couches faisant le tour de la portion centrale (2) ;
- dans laquelle chaque couche possède au moins une spire formée par au moins un des deuxième éléments filaires (6), le au moins un deuxième élément filaire (6) présentant une direction longitudinale qui est décalée par rapport à la première direction (AA) d'un angle compris entre 10° et 80° ou entre 100° et 170° ;
- dans laquelle les deuxième éléments filaires (6) de deux couches consécutives présentent des orientations opposées ;
- et dans laquelle les deuxième éléments filaires (6) de chaque couche n'appartiennent pas à un tissu ou à un élément tissé ;
- dans laquelle au moins plusieurs couches de la pluralité de couches possèdent, en outre, une nappe (8) choisie parmi un tissu, un élément tissé, un ruban, une tresse, la nappe (8) étant située sous ou au-dessus des deuxième éléments filaires (6) dans lesdites plusieurs couches ;
- dans laquelle la nappe (8) s'étend d'une extrémité à l'autre de la préforme dentaire (1) selon la première direction (AA) et s'étend sur toutes les couches, la nappe (8) se présentant sous la forme d'une spirale dans un plan de coupe perpendiculaire à la première direction (AA), avec une alternance entre une épaisseur de nappe (8) et une épaisseur de

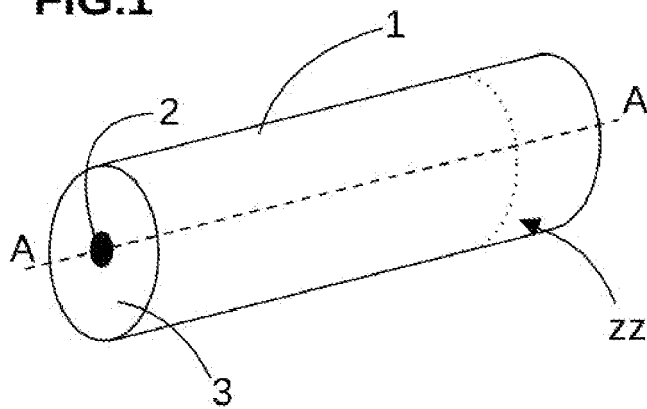
- deuxième élément filaire (6) selon une direction d'observation perpendiculaire à la première direction (AA) et dirigée depuis la portion centrale (2) jusqu'à une extrémité de la portion périphérique (3).
- [Revendication 2] Préforme dentaire (1) selon la revendication 1 dans laquelle la portion centrale (2) possède des éléments filaires qui sont majoritairement en volume les premiers éléments filaires (4).
- [Revendication 3] Préforme dentaire (1) selon la revendication 2 dans laquelle la portion centrale (2) comporte exclusivement les premiers éléments filaires (4) et la première résine (5).
- [Revendication 4] Préforme dentaire (1) selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle la portion périphérique (3) possède un gradient de module d'élasticité croissant en s'éloignant de la portion centrale (2) perpendiculairement à la première direction (AA) ;
 dans laquelle la portion périphérique (3) présente une teneur en deuxième élément filaire (6) qui est croissante de manière monotone en s'éloignant de la portion centrale (2) perpendiculairement à la première direction (AA) pour former le gradient de module d'élasticité ;
 ou dans laquelle la deuxième résine (7) est dopée avec des particules et dans laquelle la portion périphérique (3) présente un rapport de la teneur en deuxième élément filaire sur la teneur en particules qui est croissant selon la direction radiale en s'éloignant de la portion centrale perpendiculairement à la première direction (AA) pour former le gradient de module d'élasticité.
- [Revendication 5] Préforme dentaire (1) selon la revendication 4, dans laquelle la deuxième résine (7) est dopée avec des particules et dans laquelle la portion périphérique (3) présente un rapport de la teneur en deuxième élément filaire sur la teneur en particules qui est croissant selon la direction radiale en s'éloignant de la portion centrale perpendiculairement à la première direction (AA) pour former le gradient de module d'élasticité et dans laquelle le rapport de la teneur en deuxième élément filaire sur la teneur en particules est croissant de manière inversement proportionnelle à la distance à la portion centrale (2) pour former le gradient de module d'élasticité.
- [Revendication 6] Préforme dentaire (1) selon l'une des revendications 1 à 5 dans laquelle chaque couche comporte plusieurs deuxièmes éléments filaires (6) bobinés en spires autour de la portion centrale (2).
- [Revendication 7] Procédé de fabrication d'une préforme dentaire (1) comportant les étapes suivantes :

- fournir un mandrin (10) s'étendant selon une première direction (AA) ;
- former une portion périphérique (3) sous la forme d'un anneau autour du mandrin (10) perpendiculairement à la première direction (AA), la portion périphérique (3) possédant une pluralité de couches faisant le tour du mandrin (10), les couches étant disposées les unes autour des autres perpendiculairement à la première direction (AA), chaque couche comportant au moins un deuxième élément filaire (6) et une deuxième résine (7), la deuxième résine (7) liant mécaniquement les deuxièmes éléments filaires (6) entre eux dans la portion périphérique (3) ;
 dans laquelle le au moins un deuxième élément filaire (6) de chaque couche présente une direction longitudinale qui est décalée par rapport à la première direction (AA) d'un angle compris entre 10° et 80° ou entre 100° et 170° ;
 dans lequel les au moins un deuxième élément filaire (6) de deux couches consécutives présentent des orientations opposées ;
 dans lequel le au moins un deuxième élément filaire (6) de chaque couche n'appartiennent pas à un tissu ou à un élément tissé ;
 dans lequel le mandrin (10) est une portion centrale (2) formée par une pluralité de premiers éléments filaires (4) et une première résine (5), les premiers éléments filaires (4) s'étendant majoritairement selon la première direction (AA), la première résine (5) liant mécaniquement les premiers éléments filaires (4) entre eux, les premiers éléments filaires (4) et les deuxièmes éléments filaires (6) étant liés entre eux au moins par la première résine (5) et la deuxième résine (7), ou dans lequel le mandrin (10) est retiré pour définir une zone vide dans la portion périphérique (3), la zone vide étant remplie par une pluralité de premiers éléments filaires (4) et une première résine (5), les premiers éléments filaires (4) s'étendant majoritairement selon la première direction (AA), les premiers éléments filaires (4) et les deuxièmes éléments filaires (6) étant liés entre eux au moins par la première résine (5) et la deuxième résine (7) ;
 dans laquelle au moins plusieurs couches de la pluralité de couches possèdent, en outre, une nappe (8) choisie parmi un tissu, un élément tissé, un ruban, une tresse, la nappe (8) étant située sous ou au-dessus des deuxièmes éléments filaires (6) dans lesdites plusieurs couches ;
 dans laquelle la nappe (8) s'étend d'une extrémité à l'autre de la préforme dentaire (1) selon la première direction (AA) et s'étend sur toutes les couches, la nappe (8) se présentant sous la forme d'une spirale

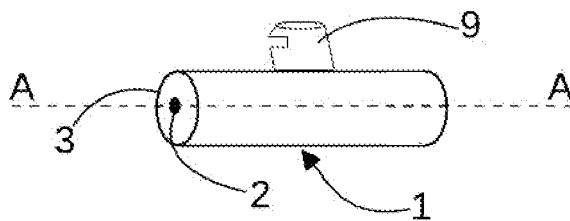
dans un plan de coupe perpendiculaire à la première direction (AA), avec une alternance entre une épaisseur de nappe (8) et une épaisseur de deuxième élément filaire (6) selon une direction d'observation perpendiculaire à la première direction (AA) et dirigée depuis la portion centrale (2) jusqu'à une extrémité de la portion périphérique (3).

- [Revendication 8] Procédé de fabrication d'une préforme dentaire (1) selon la revendication 7 dans lequel deux couches successives partagent le au moins un deuxième élément filaire (6) et dans lequel les spires sont formées par un bobinage en nid d'abeille, et préférentiellement le au moins un deuxième élément filaire (6) s'étend continument sur toutes les couches de la portion périphérique (3).
- [Revendication 9] Procédé de fabrication d'une préforme dentaire (1) selon l'une des revendications 7 et 8 dans lequel chaque couche (6) comporte, en outre, une nappe (8) formée par un tissu ou un élément tissé dont le fil de trame ou de quasi-trame s'étend selon la première direction (AA).
- [Revendication 10] Procédé de fabrication d'une préforme dentaire (1) selon l'une des revendications 7 à 9 comportant au moins une découpe d'un ensemble formé par la portion centrale et la portion périphérique perpendiculairement à la première direction (AA) pour définir la dimension de la préforme dentaire (1) selon la première direction (AA).
- [Revendication 11] Procédé de fabrication d'une prothèse dentaire (1) comportant les étapes suivantes :
- une fourniture d'une préforme dentaire (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 ;
 - un usinage de la préforme dentaire (1) dans lequel une partie de la portion périphérique (3) est complètement éliminée pour atteindre la portion centrale (2) destinée à former un ancrage canalaire, et une autre partie de la portion périphérique (3) est partiellement éliminée pour former une portion coronaire de la prothèse dentaire (1) selon une forme prédéfinie.
- [Revendication 12] Procédé de fabrication d'une prothèse dentaire (1) selon la revendication précédente comportant avant l'usinage, une découpe de la préforme dentaire perpendiculairement à la première direction (AA) pour définir la dimension de la préforme dentaire selon la première direction (AA).

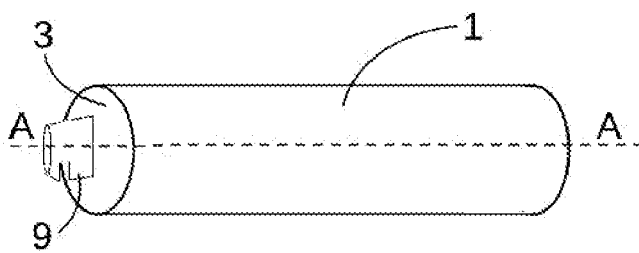
[Fig. 1]

FIG.1

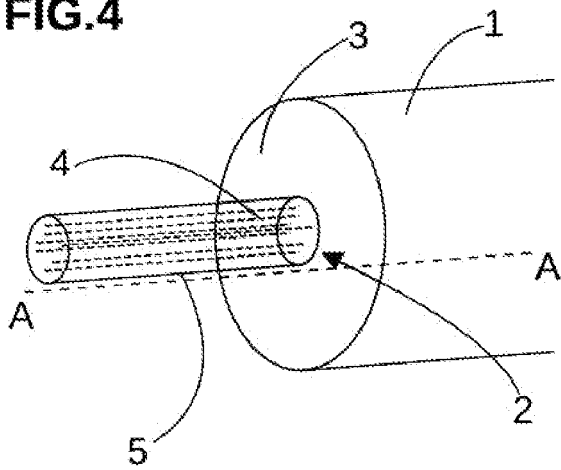
[Fig. 2]

FIG.2

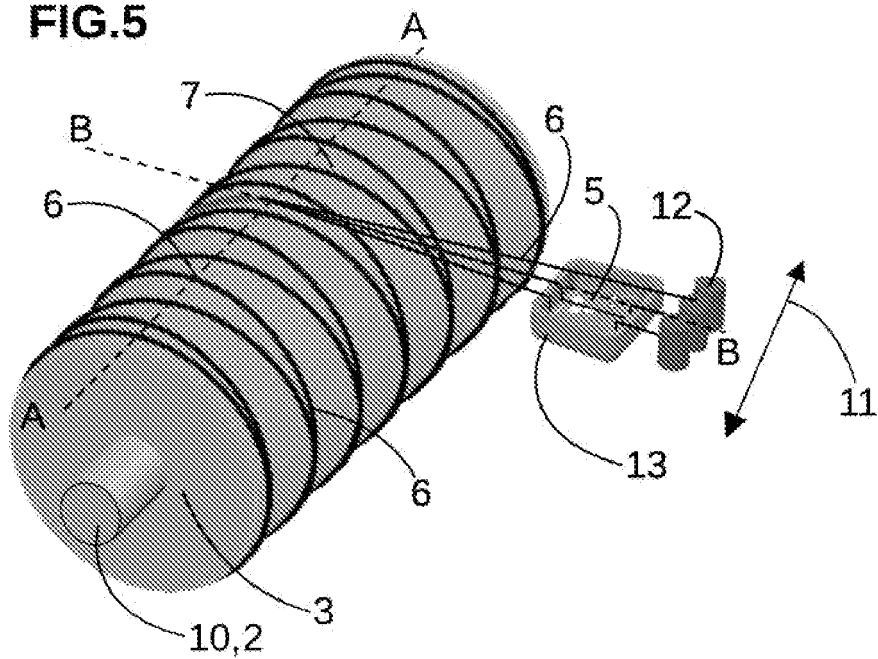
[Fig. 3]

FIG.3

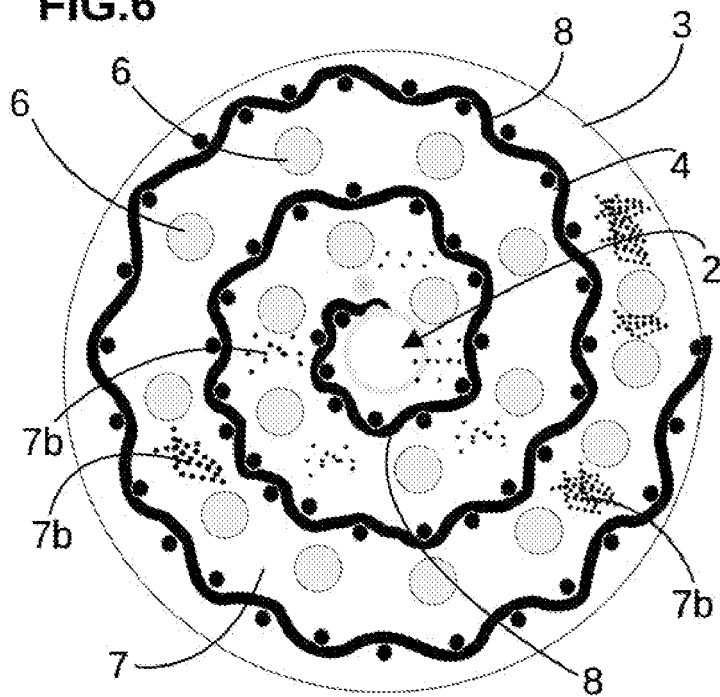
[Fig. 4]

FIG.4

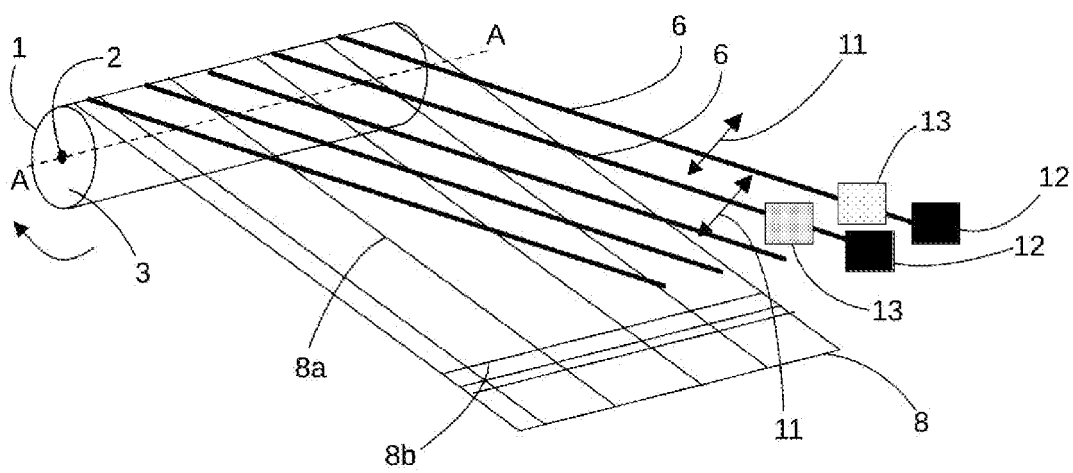
[Fig. 5]

FIG.5

[Fig. 6]

FIG.6

[Fig. 7]

FIG.7

RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

NEANT

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

WO 96/26687 A1 (REYNAUD MARC [FR]; REYNAUD
PIERRE LUC [FR]; CHU MANH [FR])
6 septembre 1996 (1996-09-06)

DE 38 25 601 A1 (STROBL WALTER [DE])
9 mars 1989 (1989-03-09)

EP 1 147 748 A2 (KRUGG S P A [IT])
24 octobre 2001 (2001-10-24)

US 2002/123023 A1 (SICURELLI ROBERT J [US]
ET AL) 5 septembre 2002 (2002-09-05)

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

NEANT