



CONFÉDÉRATION SUISSE  
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

Int. Cl.<sup>3</sup>: B 65 H 81/00  
B 01 D 13/04

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein  
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



FASCICULE DU BREVET A5

11

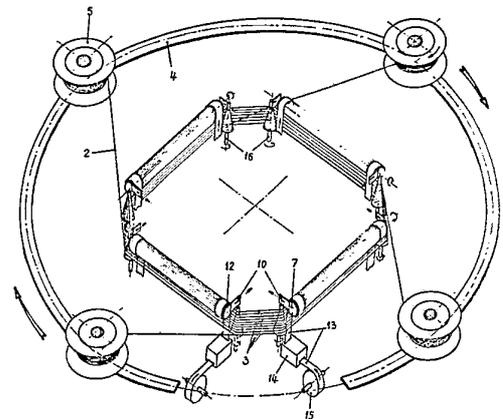
619 194

<p>21 Numéro de la demande: 5765/77</p> <p>22 Date de dépôt: 09.05.1977</p> <p>30 Priorité(s): 10.05.1976 FR 76 14864</p> <p>24 Brevet délivré le: 15.09.1980</p> <p>45 Fascicule du brevet publié le: 15.09.1980</p>	<p>73 Titulaire(s): Société des Industries Plastiques - S.O.D.I.P., Mezzieu (FR)</p> <p>72 Inventeur(s): Charles Amicel, Carrières sur Seine (FR) Bernard Biot, Craponne (FR) Yves Butruille, Ferrolles-Attilly (FR) Christian Ollivier, Vienne (FR)</p> <p>74 Mandataire: Kirker &amp; Cie, Genève</p>
---	---

54 Procédé et appareil pour la fabrication simultanée de groupes de tronçons de fibres creuses destinés à la réalisation de dispositifs à fibres creuses.

57 On forme une enveloppe (3) à section polygonale par enroulement de fibres creuses (2) autour de tiges (16), en rotation sur elles-mêmes, au moins partiellement filetées. On sectionne cette enveloppe de manière à obtenir des groupes de tronçons (12) de fibres creuses que l'on enroule chacun autour d'un mandrin (7). De cette manière on obtient une tension des fibres sensiblement nulle, ce qui évite le retrait ultérieur des fibres.

Les groupes de tronçons de fibres creuses obtenus servent à la réalisation de dispositifs utilisables notamment en dialyse, osmose, ultrafiltration, osmose inverse, perméation gazeuse, échange thermique.



## REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication simultanée de groupes de tronçons de fibres creuses destinés à la réalisation de dispositifs à fibres creuses utilisables notamment pour des opérations de fractionnement de fluides, caractérisé en ce que l'on enroule au moins une fibre creuse autour d'au moins trois moyens disposés entre eux de façon telle qu'ils permettent d'obtenir avec cette fibre une enveloppe à section polygonale, et en ce que l'on sectionne cette enveloppe en au moins deux endroits au fur et à mesure de sa formation de manière à obtenir au moins deux groupes distincts de tronçons de fibres creuses.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on enroule au moins une fibre creuse autour de moyens permettant d'obtenir avec cette fibre une enveloppe dont la section est un polygone régulier.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'on sectionne l'enveloppe au moins à chaque sommet du polygone que forme sa section, de manière à obtenir autant de groupes de tronçons de fibres creuses que l'enveloppe a de sommets.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on enroule chaque groupe de tronçons de fibres creuses autour d'un axe orthogonal à l'axe d'enroulement de la fibre creuse initiale ayant servi à former l'enveloppe, de manière à obtenir un faisceau de fibres creuses avec chaque groupe de tronçons de fibres creuses.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on enroule chaque groupe de tronçons de fibres creuses, obtenu après sectionnement de l'enveloppe, autour d'un mandrin, de manière à obtenir un faisceau de fibres autour de chaque mandrin.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on enroule au moins une fibre creuse autour d'une pluralité de mandrins permettant à la fibre de former à leur contact une enveloppe à section polygonale, on maintient l'enveloppe obtenue au moins aux extrémités de chaque mandrin, on sectionne l'enveloppe à proximité des extrémités de chaque mandrin et on enroule chaque groupe de tronçons de fibres creuses obtenu autour du mandrin correspondant, de manière à obtenir un faisceau de fibres autour de chaque mandrin.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'on maintient l'enveloppe obtenue par de la colle aux extrémités de chaque mandrin.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'on enroule au moins une fibre creuse autour d'au moins 2 n fils ou rubans préalablement encollés permettant d'obtenir avec cette fibre une enveloppe à section polygonale, n étant un nombre entier, positif, égal ou supérieur à 2, chaque face de l'enveloppe comprenant au moins 2 fils ou rubans.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'on sectionne cette enveloppe de manière à obtenir au moins n groupes de tronçons de fibres creuses, chaque groupe ayant à chacune des extrémités de ses tronçons de fibres un fil ou un ruban.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'on enroule au moins une fibre creuse autour de tiges au moins partiellement filetées, en rotation autour de leur axe longitudinal et permettant d'obtenir avec cette fibre une enveloppe à section polygonale.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la fibre creuse est déposée sur la partie filetée de chaque tige dont le profil d'au moins l'une d'entre elles est tel que l'enveloppe puisse se détendre au cours de son avancement sur lesdites tiges.

12. Procédé selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce que l'on sectionne l'enveloppe pour obtenir au moins deux groupes de tronçons de fibres creuses, alors qu'elle

est maintenue par des fils ou rubans préalablement encollés s'enroulant à proximité des extrémités d'au moins deux mandrins, et en ce que l'on enroule chaque groupe de tronçons de fibres creuses autour de chaque mandrin, de manière à obtenir un faisceau de fibres autour de chaque mandrin.

13. Appareil pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend:

- 10 – un dispositif pour enrouler au moins une fibre creuse autour d'au moins trois moyens disposés entre eux de façon qu'ils permettent d'obtenir avec cette fibre une enveloppe à section polygonale,
- des moyens permettant de maintenir cette enveloppe,
- 15 – des moyens pour sectionner cette enveloppe au fur et à mesure de sa formation et obtenir au moins deux groupes distincts de tronçons de fibres creuses.

14. Appareil selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'appareil comprend des moyens pour enrouler chaque groupe de tronçons de fibres creuses autour d'un axe sensiblement orthogonal à l'axe de rotation du dispositif d'enroulement de la fibre creuse formant l'enveloppe.

15. Appareil selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'appareil comprend des mandrins pouvant être mis en rotation autour de leur axe longitudinal pour enrouler chaque groupe de tronçons de fibres creuses obtenu après sectionnement de l'enveloppe.

16. Appareil selon l'une des revendications 13 à 15, caractérisé en ce que:

- les moyens pour obtenir avec la fibre creuse enroulée une enveloppe à section polygonale sont des mandrins dont les axes sont dans un plan perpendiculaire à l'axe d'enroulement de la fibre creuse,
- les moyens pour maintenir l'enveloppe se trouvent vers chaque extrémité de chaque mandrin et comprennent notamment de la colle,
- les moyens pour sectionner l'enveloppe sont disposés au moins à proximité de l'extrémité de chaque mandrin.

17. Appareil selon l'une des revendications 13 à 15, caractérisé en ce que les moyens d'obtention de l'enveloppe à section polygonale comprennent au moins 2 n fils ou rubans sur lesquels la fibre creuse est maintenue par de la colle lors de son enroulement et en ce que les moyens de sectionnement de l'enveloppe au fur et à mesure de sa formation permettent l'obtention d'au moins deux groupes de tronçons de fibres creuses comportant chacun à chaque extrémité de tronçon au moins un fil ou un ruban, n étant un nombre entier, positif, égal ou supérieur à 2.

18. Appareil selon la revendication 13, caractérisé en ce que les moyens permettant d'obtenir avec la fibre une enveloppe à section polygonale sont des tiges au moins partiellement filetées, ladite fibre étant déposée sur la partie filetée de chaque tige qui est alors en rotation autour de son axe longitudinal.

19. Appareil selon la revendication 18, caractérisé en ce qu'au moins une des tiges a un profil tel qu'il permette à la fibre formant l'enveloppe de se détendre au moins partiellement au cours de son avancement sur chaque tige en rotation.

20. Appareil selon la revendication 19, caractérisé en ce qu'il comprend des fils ou rubans permettant le maintien de l'enveloppe lorsque cette dernière arrive au contact de mandrins autour de chacun desquels un groupe de tronçons de fibres creuses est enroulé après que l'enveloppe maintenue par les fils ou rubans a été coupée par les moyens de sectionnement prévus à proximité des extrémités de chaque mandrin.

21. Utilisation des groupes de tronçons de fibres creuses

obtenus par le procédé selon la revendication 1, pour la réalisation de dispositifs à fibres creuses, caractérisée en ce que l'on dispose chaque groupe de manière à obtenir des tronçons de fibres creuses solidaires de deux parois d'extrémité situées dans des plans différents.

22. Utilisation selon la revendication 21, caractérisée en ce que les parois d'extrémité sont parallèles.

La présente invention concerne un procédé et un appareil pour la fabrication simultanée de groupes de tronçons de fibres creuses destinés à la réalisation de dispositifs à fibres creuses utilisables notamment pour des opérations de fractionnement de fluides.

Le terme «fractionnement» utilisé ci-avant pour désigner les opérations susceptibles d'être effectuées avec les dispositifs à fibres creuses recouvre tout échange ou transfert de matière (ou même de calories) ou, après intervention dudit fractionnement, on obtient un ou plusieurs fluides n'ayant pas la même composition ou les mêmes propriétés que le ou les fluides introduit(s) dans le dispositif à fibres creuses. Les opérations de fractionnement envisagées sont donc essentiellement des opérations d'échange (dialyse, par exemple rein artificiel – osmose directe – échange gaz-gaz – échange gaz-liquide, par exemple poumon artificiel) et des opérations de séparation (ultrafiltration, osmose inverse, perméation gazeuse) et même des opérations de mélange. Mais les dispositifs à fibres creuses peuvent être également utilisés dans des opérations telles que l'échange thermique entre deux fluides, l'humidification et/ou le conditionnement d'air, la dissolution de certains gaz dans des liquides.

Des procédés permettant d'obtenir des dispositifs à fibres creuses sont décrits notamment dans les brevets américains nos 3 277 959, 3 690 465 et 3 755 034.

Dans le brevet 3 277 959 il est décrit un procédé et un appareil (voir fig. 11) conduisant à des dispositifs à fibres creuses, mais il s'agit d'un procédé séquentiel, c'est-à-dire imposant à intervalles réguliers, de mettre en mouvement ou d'arrêter des tronçons de fibres creuses.

Dans le brevet 3 690 465 il est décrit un appareil pour fabriquer des dispositifs à fibres creuses par enroulement, en continu, de fibres creuses autour d'un support en mouvement, ce support étant par exemple sous forme d'un tissu ayant une multitude de petites perforations.

Dans le brevet 3 755 034, il est décrit un procédé d'obtention de faisceau de fibres creuses, dans lequel on enroule en continu des fibres creuses autour de deux supports en mouvement, distants l'un de l'autre et sensiblement parallèles entre eux.

Les procédés décrits dans les deux derniers brevets cités présentent notamment les inconvénients résultant de la difficulté qu'il y a à enrouler à grande vitesse, en continu, des fibres autour d'une surface plane. En effet, au cours de l'enroulement les écarts de vitesse de défilement sont importants, de même que les écarts de tensions que les fibres doivent subir. Ceci limite la vitesse d'enroulement, notamment lorsque les fibres sont fragiles. Par ailleurs ces procédés ne permettent pas, ou difficilement, de faire en sorte que la tension des fibres soit sensiblement nulle au moment de l'enroulement sur mandrin et de la réalisation des parois d'extrémité. Cette tension sensiblement nulle a pour avantage d'éviter le retrait ultérieur des fibres, notamment au moment du durcissement de la colle. D'autre part, les appareils décrits pour la mise en œuvre des procédés de ces deux brevets américains ont l'inconvénient d'être encombrants.

Il a maintenant été trouvé, et c'est ce qui fait l'objet de la présente invention, un procédé ne présentant pas les inconvénients des procédés de l'art antérieur. Ce procédé de fabrication est caractérisé en ce que l'on enroule au moins une fibre creuse autour d'au moins trois moyens disposés entre eux de façon qu'ils permettent d'obtenir avec cette fibre une enveloppe à section polygonale et en ce que l'on sectionne cette enveloppe au moins en deux endroits au fur et à mesure de sa formation, de manière à obtenir au moins deux groupes distincts de tronçons de fibres creuses.

Les groupes de tronçons de fibres creuses obtenus par le procédé selon la présente invention sont utilisables pour la réalisation de dispositifs à fibres creuses dont les tronçons de fibres sont disposés entre deux parois d'extrémité espacées l'une de l'autre, dans des plans différents et comprenant notamment de la colle. Ces tronçons de fibres creuses partent d'une paroi d'extrémité pour aller à l'autre. Toutefois ces tronçons de fibres creuses ne sont pas forcément parallèles entre eux et dans certains cas ces tronçons peuvent être avantagusement disposés sous forme d'une multiplicité de torsades les unes à côté des autres.

La présente invention se rapporte également à un appareil pour la mise en œuvre du procédé, lequel appareil est défini dans la revendication 15.

Il est bien entendu que, par l'expression fibres creuses, on désigne des fibres de forme tubulaire, c'est-à-dire comportant en leur sein un canal continu disposé sensiblement selon l'axe de la fibre. Les fibres creuses utilisables dans le procédé selon l'invention peuvent être de tout type connu et en tout matériau convenable, notamment en matériau macromoléculaire naturel, artificiel ou synthétique. Elles peuvent même être en verre.

En particulier il peut s'agir des fibres mentionnées dans les brevets français 1 307 979, 1 586 563, 2 017 387 et américain 3 674 628; ces fibres peuvent être homogènes, microporeuses ou anisotropes (c'est-à-dire à peau). Elles peuvent être obtenues par voie fondue, par voie sèche (évaporation de solvant) ou par voie humide (coagulation). La nature précise des fibres creuses est choisie en fonction de l'application envisagée et naturellement pour des opérations de simple échange thermique les fibres creuses utilisées seront imperméables aux fluides circulant sur leurs parois externe ou interne et en matériaux tels que ceux décrits notamment dans le brevet américain 3 315 740;

Les fibres utilisables dans le procédé selon l'invention ont un diamètre extérieur généralement inférieur à 1,5 mm, de préférence inférieur à 0,75 mm, généralement supérieur à 5 microns, de préférence supérieur à 300 microns pour des dispositifs utilisés comme reins ou poumons artificiels. L'épaisseur de leur paroi est généralement comprise entre 1 et 100 microns.

La description de la présente invention sera mieux comprise à l'aide des figures ci-jointes qui illustrent de façon schématique, à titre d'exemples et sans échelle déterminée, des modes de réalisation particuliers d'appareils permettant de mettre en œuvre le procédé revendiqué.

La fig. 1 est une vue de dessus d'un appareil permettant de disposer directement par enroulement au moins une fibre creuse autour de mandrins fixes, en rotation autour de leur axe.

Le fig. 2 est une vue partielle, en coupe selon II-II de la fig. 1, à plus grande échelle.

La fig. 3 est une vue de dessus d'un autre mode de réalisation d'un appareil pour la mise en œuvre du procédé.

La fig. 4 est une vue de face, partielle, de l'appareil de la fig. 3.

La fig. 5 est une vue de gauche, partielle, de l'appareil de la fig. 4.

La fig. 6 est une vue de dessus d'un autre mode de réalisation d'un appareil permettant la mise en œuvre du procédé selon la présente invention.

La fig. 7 est une vue partielle, à plus grande échelle, selon VII-VII de la fig. 6.

La fig. 8 est une vue en perspective, d'un appareil semblable à celui des fig. 6 et 7.

Les fig. 9, 10 et 11 montrent des dispositifs à fibres creuses que permettent d'obtenir les groupes de tronçons de fibres creuses fabriqués par les appareils des fig. 1 à 8. Ces dispositifs sont schématisés en coupe selon un axe longitudinal.

Tout au long de la description qui va suivre il sera notamment question d'une enveloppe à section polygonale obtenue à partir de fibres creuses enroulées autour de moyens plus expressément explicités. Il doit être précisé que cette enveloppe peut être assimilée à une gaine à section polygonale et dont la hauteur est plus ou moins grande selon l'appareil utilisé. Il doit être spécifié également que certains côtés de cette enveloppe polygonale peuvent ne pas être rectilignes et que dans certains cas ils peuvent être curvilignes.

L'appareil représenté fig. 1 comprend un dispositif (1) pour enrouler au moins une fibre creuse (2) autour de moyens permettant d'obtenir avec cette fibre une enveloppe (3) à section polygonale. Le dispositif (1) est entraîné en rotation par des moyens connus non représentés et comprend notamment un cadre (4) sur lequel se trouvent six bobines (5) de fibres creuses (2) et des guide-fils (6). Il n'est pas impératif que le nombre de bobines (5) soit de six et l'appareil peut à la limite ne posséder qu'une seule bobine (5). Une bobine (5) peut avoir une ou plusieurs fibres creuses (2) et dans ce dernier cas celles-ci sont avantageusement sous forme de torsades telles que celles décrites dans les brevets français no. 2 231 787 et 2 265 883. Les moyens permettant d'obtenir avec les fibres (2) une enveloppe (3) à section polygonale comprennent des mandrins (7) en rotation autour de leur axe (8) grâce à des moyens d'entraînement non représentés. Dans le cas de l'appareil de la fig. 1, il y a six mandrins (7), mais pour obtenir l'enveloppe (3) à section polygonale, il suffit qu'il y ait au moins trois mandrins (7). Les mandrins (7) ont leurs axes (8) sensiblement dans un même plan perpendiculaire à l'axe d'enroulement de la fibre creuse initiale, c'est-à-dire à l'axe de rotation du cadre (4). Les mandrins (7) peuvent avoir leur partie centrale en communication ou pas, avec leur surface externe. Lorsque les mandrins (7) ont leur partie centrale en communication avec leur surface externe, ceci peut être réalisé notamment en prévoyant dans chaque mandrin (7) un canal central longitudinal relié par des petits conduits à la surface externe du mandrin. Le mandrin peut même être un tube perforé. La section droite d'un mandrin (7) peut être de forme quelconque, mais elle est avantageusement circulaire. La forme externe du mandrin peut être telle que ses génératrices ne soient pas rectilignes, et dans certains cas ces dernières peuvent même être curvilignes.

L'appareil selon la fig. 1 comprend des moyens pour mettre localement une matière adhésive, par exemple de la colle, sur la fibre creuse (2) et assurer ainsi le maintien de l'enveloppe (3) polygonale aux extrémités de chaque mandrin (7). Ces moyens comprennent, dans le cas de l'appareil de la fig. 1, des patins (9) fixes, distributeurs de colle, sur lesquels chaque fibre (2) glisse et prend de la colle lors de son dépôt par enroulement autour des mandrins (7).

Il y a au moins un patin (9) encolleur correspondant à chaque extrémité de chaque mandrin (7). Ainsi chaque fibre creuse (2) dévidée à partir d'une bobine (5) est maintenue par de la colle aux extrémités de chaque mandrin (7) en rotation sur lui-même et les fibres déposées sur les mandrins (7) constituent une enveloppe à section polygonale. Dans le cas de

l'appareil de la fig. 1, l'enveloppe (3) a une section ayant sensiblement la forme d'un hexagone régulier.

L'appareil selon la fig. 1 comprend des moyens (10) pour sectionner l'enveloppe (3) entre les extrémités de mandrins (7) consécutifs, ces moyens comprennent par exemple deux lames adjacentes à dents dont l'une au moins a un mouvement de va et vient tel que le mouvement relatif des lames d'une tondeuse de coiffeur. Ces moyens (10) de sectionnement peuvent être constitués également par des lames circulaires tournantes. Le sectionnement de l'enveloppe (3) de fibres creuses (2) par les lames (10) conduit à l'obtention de groupes (11) de tronçons (12) de fibres creuses, chaque groupe (11) étant maintenu par la colle aux extrémités d'un mandrin (7) et se déplaçant en rotation avec lui.

La fig. 2 montre à plus grande échelle le positionnement des moyens (10) permettant de sectionner l'enveloppe (3), par rapport à l'axe (8) d'un mandrin (7) et montre également un groupe (11) de tronçons (12) de fibres creuses en début de sectionnement de l'enveloppe (3). Dans l'appareil représenté fig. 1 et 2 les axes (8) des mandrins (7) sont dans un même plan et il est avantageux que les fibres creuses (2) soient déposées autour de chaque mandrin dans sensiblement le même plan que celui passant par les axes (8) des mandrins (7).

De nombreuses variantes de l'appareil représenté fig. 1 et 2 apparaîtront au technicien. Ainsi au lieu de maintenir l'enveloppe (3) sur chaque mandrin (7) par passage des fibres (2) sur des patins (9) encolleurs, on peut prévoir par exemple des buses de distribution de colle à proximité des extrémités de chaque mandrin (7). On peut également enrouler aux extrémités de chaque mandrin (7), perpendiculairement à leur axe (8), des fils ou rubans pour permettre une meilleure résistance mécanique des parois d'extrémité et/ou une meilleure répartition du fluide devant circuler sur la paroi externe des fibres. Eventuellement la colle peut être distribuée préalablement sur ces fils ou rubans de la même manière que celle décrite plus loin pour les appareils des fig. 3 à 7.

L'appareil selon les fig. 1 ou 2 peut comprendre des moyens additionnels (non représentés) pour enrouler autour de chaque mandrin, entre ses extrémités et perpendiculairement à son axe, des fils ou rubans espacés les uns des autres. Ainsi les fibres creuses (2) formant l'enveloppe (3) à section polygonale se déposent sur ces fils ou rubans qui facilitent la répartition et la circulation du fluide à l'extérieur des fibres dans le dispositif final à fibres creuses, notamment lorsque ces dernières ne sont pas sous forme de torsades.

Eventuellement un côté de l'enveloppe (3) de fibres creuses (2) à section polygonale peut être obtenu par deux ou plusieurs mandrins (7) dont les axes (8) sont dans le prolongement l'un de l'autre, c'est à dire alignés. Il est nécessaire dans ce cas de prévoir des moyens pour maintenir l'enveloppe (3) sur chaque mandrin et pour la sectionner entre chaque mandrin. Les colles utilisées pour la mise en œuvre du procédé avec l'appareil représenté fig. 1 et 2 et avec ceux décrits plus loin sont généralement des colles époxy telles que celles décrites par exemple dans les brevets français 2 126 208 et 1 307 979, ou des colles à base de résine silicone ou polyuréthanes.

Pour la mise en œuvre du procédé selon la présente invention avec l'appareil de la fig. 1, on commence par fixer chaque fibre creuse (2) d'une bobine (5) à proximité d'une extrémité d'un mandrin (7), après avoir fait passer chaque fibre (2) dans le guide-fil (6) correspondant. On opère de même pour chaque bobine (5). Les patins (9) étant prêts à distribuer leur colle, on met alors en rotation le cadre (4) et les mandrins (7) autour de leurs axes, les moyens (10) de sectionnement étant également mis en fonctionnement. Lorsque l'épaisseur (ou le nombre) de tronçons (12) de fibres creuses autour des mandrins (7) est jugée suffisante, on arrête la rotation du cadre (4) et des man-

drins (7). On coupe chaque fibre creuse à proximité du guide-fil (6) qu'elle traverse et la partie de la fibre reliée au mandrin est jetée. On obtient ainsi des ensembles résultant chacun d'un groupe (11) de tronçons (12) de fibres creuses. Pour la réalisation de dispositifs utilisables pour le fractionnement de fluides, il ne reste plus qu'à disposer une enceinte et les tubulures adéquates autour de chaque ensemble précédemment obtenu.

Les fig. 3 à 5 représentent un autre mode de réalisation d'un appareil permettant la mise en œuvre du procédé selon la présente invention, dans lequel au moins une fibre creuse (2) est enroulée autour de moyens permettant d'obtenir avec cette fibre une enveloppe (3) à section polygonale. Dans cet appareil la fibre creuse (2) est enroulée autour de fils ou rubans (13) disposés de façon telle que l'on obtienne une enveloppe (3) à section polygonale. Pour enrouler la fibre (2) autour de ces fils ou rubans (13) l'appareil comprend un dispositif (1) d'enroulement avec notamment un cadre (4) sur lequel se trouvent trois bobines dévideuses (5) de fibres creuses (2) et des guide-fils (6), le cadre (4) étant axialement fixe et entraîné en rotation autour de son axe par des moyens non représentés. Il n'est pas impératif que le nombre de bobines (5) soit de trois, et à la limite le cadre (4) ne peut posséder qu'une seule bobine (5). Les fils ou rubans (13) sont de faible épaisseur, généralement comprise entre 0,05 et 2 mm et de préférence entre 0,1 et 1 mm. La largeur des rubans est en général inférieure à 5 cm, et de préférence inférieure à 3 cm. Ces fils ou rubans (13) peuvent être en matière synthétique telles que les polyamides et les polyesters, ou en matière naturelle, telle que le coton par exemple. Les rubans peuvent être tressés, tricotés, tissés ou non tissés, et avoir une multitude de petits trous.

Chaque bobine (5) comprend au moins une fibre creuse (2), mais éventuellement elle peut en avoir plusieurs et dans ce cas les fibres sont avantageusement sous forme de torsade.

L'appareil représenté fig. 3 à 5 comprend trois mandrins (7) aux extrémités de chacun desquels un ruban (13) est fixé par exemple par collage ou agrafage. Ces mandrins peuvent être mis en rotation autour de leur axe (8) par des moyens connus non représentés. Il est avantageux que les axes (8) des différents mandrins soient dans un même plan. Ces mandrins sont disposés de façon telle que leurs axes forment entre eux un polygone de préférence régulier; ainsi les fibres creuses (2) qui se déposent sur ces rubans (13) forment une enveloppe (3) à section polygonale.

Le nombre de mandrins (7) est de trois dans le cas de l'appareil représenté, mais ce nombre peut être avantageusement supérieur à trois. Lorsque le cadre (4) est en rotation autour de son axe, les fibres creuses (2) s'enroulent autour des rubans (13) qui eux-mêmes se dirigent vers les mandrins (7) pour s'enrouler autour de ces derniers.

L'appareil comprend des moyens pour le maintien de l'enveloppe (3) et ceci est généralement obtenu par dépôt de colle sur les fils ou rubans (13).

L'appareil comprend ainsi un bac encolleur repéré en (14) sur la fig. 5 dans laquelle, comme dans les fig. 3 et 4, les rubans (13) sont représentés en trait fort. Chaque ruban (13) provient d'une bobine (15) et il peut éventuellement n'être encollé que sur une partie de sa largeur, par exemple du côté devant se trouver à proximité de l'extrémité du mandrin. Les colles utilisées sont du même type que celles mentionnées ci-avant pour l'appareil des fig. 1 et 2.

Éventuellement chaque ruban (13) peut être recouvert sur une partie de sa largeur par un produit adhésif, par exemple de la colle, tandis que sur l'autre partie il est peut être recouvert par un produit ayant des propriétés spécifiques telles que par exemple une meilleure hémocompatibilité.

L'appareil comprend en outre des moyens (10) pour sectionner l'enveloppe (3) avant enroulement sur les mandrins (7). Ces moyens (10) peuvent être semblables à ceux décrits

précédemment pour l'appareil des fig. 1 et 2. On obtient ainsi, dans le cas de l'appareil des fig. 3 à 5, trois groupes (11) de tronçons (12) de fibres creuses, chaque groupe (11) étant enroulé autour d'un mandrin (7) grâce aux rubans (13).

Pour la mise en œuvre du procédé selon la présente invention avec l'appareil représenté fig. 3 à 5, on opère de la façon suivante. On commence par fixer chaque ruban (13) aux extrémités des mandrins après l'avoir encollé au passage sur le bac encolleur (14). On fixe chaque extrémité de fibre (2), passant dans le guide-fil (6) correspondant de la bobine (5), sur un ruban (13) puis on met en mouvement de rotation le cadre (4) et les mandrins (7). Les fibres creuses (2) se déposent ainsi sur les rubans (13) et on obtient une enveloppe (3) de fibres creuses à section polygonale, dans le cas précis, à section triangulaire.

L'enveloppe (3) se déplace ainsi vers les mandrins (7) supportée par les bandes (13), puis elle est coupée au passage par les moyens (10) de sectionnement en arrivant à leur contact. On obtient ainsi trois groupes (11) de tronçons (12) de fibres creuses et chaque groupe est enroulé autour d'un mandrin (7). Lorsque l'épaisseur (ou le nombre) de tronçons de fibres creuses autour d'un mandrin (7) est jugée suffisante, on sectionne les rubans (13) et on continue l'enroulement sur un autre mandrin (7). Éventuellement on peut arrêter le déroulement des rubans (13) et la rotation du cadre (4) pour changer les mandrins (7). Pour la réalisation de dispositifs utilisables pour le fractionnement de fluides, il ne reste plus qu'à disposer une enceinte et les tubulures adéquates autour de chaque ensemble précédemment obtenu.

De nombreuses variantes de l'appareil représenté fig. 3 à 5 sont à la portée du technicien. Il est possible par exemple de ne pas enrouler chaque groupe (11) de tronçons (12) de fibres creuses autour d'un mandrin, mais simplement autour d'un axe sensiblement orthogonal à l'axe d'enroulement de la fibre creuse initiale ayant servi à former l'enveloppe (3). Pour cela on peut avoir, à l'emplacement de chaque extrémité de mandrin précédemment utilisé, un petit cylindre de faible diamètre, en rotation autour de son axe et sur lequel un ruban (13) vient s'enrouler. Il faut un petit cylindre tel que celui ci-avant pour chaque ruban (13) et on obtient ainsi un ensemble à tronçons (12) de fibres creuses sans mandrin (7) central.

On peut également prévoir entre les fils ou rubans (13) d'extrémité des fils ou rubans espacés les uns des autres et sur lesquels les fibres (2) sont déposées lors de la rotation du cadre (4). Ces fils ou rubans intermédiaires peuvent servir à une meilleure répartition et une meilleure circulation du fluide circulant à l'extérieur des fibres dans le dispositif final à fibres creuses.

A titre de variante de l'appareil des fig. 3 à 5, un appareil peut avoir des rubans (13) qui ne sont pas pourvus de matière adhésive et autour desquels l'enveloppe (3) est seulement retenue par la tension d'enroulement de la fibres déposée autour de ces rubans (13). Dans ce cas, les rubans (13) peuvent se rapprocher sensiblement l'un de l'autre en se rapprochant du mandrin et contribuer ainsi à ce que la fibre soit détendue avant enroulement autour d'un mandrin. Il peut être prévu, pour faciliter ce rapprochement des rubans (13), et pour assurer un bon enroulement des rubans aux extrémités des mandrins (7), des poulies (non représentées) disposées à chaque extrémité de l'enveloppe (3) à section polygonale, à proximité des mandrins (7), la gorge de chaque poulie étant en contact avec une extrémité de l'enveloppe, c'est à dire avec deux rubans (13) adjacents. Dans cet appareil l'enveloppe (3) est enroulée autour de chaque mandrin (7) et est maintenue sur les mandrins uniquement par les rubans (13). Dès que l'enveloppe (3) a passé le point de tangence d'un mandrin (7), il est alors possible de la sectionner par les moyens (10), car l'enveloppe est maintenue entre le mandrin (7) et les rubans

(13). Cette variante de réalisation est intéressante dans le cas où les parois d'extrémité de chaque dispositif à fibres creuses sont réalisées par exemple par injection ultérieure de colle. Il peut être souhaité d'autre part de ne pas enrouler chaque groupe (11) de tronçons (12) de fibres creuses autour d'un axe ou d'un mandrin, mais de plier chaque groupe (11) en zig-zag grâce à des moyens connus par exemple pour la réalisation d'appareils à membranes planes disposées en zig-zag. Les dispositifs à fibres creuses sont ainsi obtenus à partir de couches planes superposées de tronçons (12) de fibres creuses.

L'appareil représenté fig. 3 à 5 comprend un cadre (4) et des mandrins (7), fixes, en rotation sur eux-mêmes, les fils ou rubans (13) en déplacement entraînant ainsi l'enveloppe (3). Mais il est possible, sans sortir de l'esprit de la présente invention, que l'enveloppe (3) soit fixe et ainsi obtenue par dépôt de fibres creuses (2) sur les fils ou rubans (13) non en déplacement, tandis que le cadre (4) et les mandrins (7) en rotation subissent un mouvement de translation. Dans ce cas les moyens (10) de sectionnement de l'enveloppe se déplacent également, à une certaine distance des mandrins. Ainsi dans cette variante de réalisation le cadre (4), les mandrins (7) et les moyens (10) de sectionnement de l'enveloppe (3) se déplacent dans le même sens.

Avec l'appareil des fig. 3 à 5 et les appareils décrits dans les variantes ci-avant, il est possible qu'un côté de l'enveloppe de fibres creuses permette en fait d'obtenir deux (ou plus de deux) dispositifs à fibres creuses, par exemple lorsque deux (ou plus de deux) mandrins sont disposés avec leurs axes en alignement.

Les appareils représentés fig. 6 à 8 correspondent à un mode de réalisation préférentiel d'un appareil pour la mise en œuvre du procédé selon la présente invention. Cet appareil comprend un dispositif (1) pour enrouler au moins une fibre creuse (2) autour de moyens permettant d'obtenir avec cette fibre une enveloppe (3) à section polygonale. Ce dispositif (1) comprend un cadre (4), en rotation autour de son axe, avec des bobines (5) de fibres creuses (2) et des guide-fils (6). Les moyens d'entraînement de ce cadre (4) n'ont pas été représentés pour la simplification du dessin. Chaque bobine (5) a au moins une fibre creuse (2) et peut éventuellement en avoir plusieurs; dans ce dernier cas les fibres sont alors avantageusement torsadées. Le cadre (4) a été représenté (fig. 6) avec huit bobines (5) mais il peut à la limite n'en avoir qu'une ou deux. Dans le cas de la fig. 8, l'appareil ne comporte que quatre bobines (5). Les moyens permettant d'obtenir avec les fibres (2) une enveloppe (3) à section polygonale comprennent des tiges (16) au moins partiellement filetées, disposées à chaque extrémité des mandrins (7) et sur la partie filetée desquelles les fibres creuses (2) sont déposées. Ces tiges (16) peuvent être en rotation sur elles-mêmes autour de leur axe longitudinal (17) grâce à des moyens d'entraînement non représentés. Les tiges (16) représentées fig. 6 et 7 comprennent une partie filetée (18) cylindrique suivie d'une partie (19) lisse et conique, tandis que celles (16) de la fig. 8 comprennent une partie filetée conique suivie d'une partie lisse cylindrique. L'appareil représenté fig. 6 ou fig. 8 comprend huit tiges (16) et quatre mandrins (7), ce qui permet d'obtenir avec les fibres creuses (2) déposées sur les tiges (16) une enveloppe (3) dont la section est sensiblement un carré. Mais le nombre de mandrins peut être plus grand et il est au minimum égal à trois; dans ce dernier cas les axes (8) des trois mandrins (7) forment avantageusement entre eux un triangle équilatéral et la section de l'enveloppe (3) est alors sensiblement un triangle. Dans les appareils représentés fig. 6 et 8, les axes (8) des mandrins (7) sont dans un même plan perpendiculaire à l'axe de rotation du cadre (4). Les formes des mandrins (7) peuvent être semblables à celles signalées lors de la description des appareils correspondant aux fig. 1 et 2.

L'appareil selon les fig. 6 à 8 comprend des moyens pour maintenir l'enveloppe (3) avant de la sectionner. Ces moyens sont des rubans (13) représentés en trait fort dans les fig. 6 et 7. Ces rubans sont de la même matière et ont les mêmes dimensions que celles mentionnées dans l'appareil de la fig. 3 à 5. Ces rubans (13) couverts de matière adhésive au moins sur une partie de leur largeur par passage dans les bacs encolleurs (14), entrent avantageusement en contact avec la fibre (2) de l'enveloppe (3) à proximité du point de tangence de l'enveloppe (3) et du mandrin (7). Avant d'arriver à ce point de tangence, l'enveloppe (3) a pu être détendue grâce au profil des tiges (16). Le fait que les fibres soient détendues présente l'avantage d'éviter le retrait ultérieur des tronçons (12) de fibres creuses dans les parois d'extrémité du dispositif obtenu. Pour maintenir sensiblement toujours au même endroit le point de tangence entre l'enveloppe (3) et chaque mandrin (7) qui tourne autour de son axe longitudinal en se recouvrant de tronçons (12) de fibres creuses (comme cela sera précisé ci-après) l'appareil peut comprendre des moyens, non représentés, soit pour éloigner de façon contrôlée le mandrin (7) des tiges (16) qui sont alors fixes, soit au contraire pour éloigner de façon contrôlée les tiges (16) des mandrins (7) qui sont alors fixes.

L'appareil des fig. 6 à 8 comprend des moyens (10) de sectionnement de l'enveloppe (3) de fibres creuses. Ces moyens (10), dont l'emplacement sur l'appareil des fig. 6 et 7 est schématisé par une flèche, pouvant être semblables à ceux décrits pour l'appareil des fig. 1 et 2. Ils sont de préférence positionnés sur l'appareil de façon telle que l'enveloppe (3) soit coupée alors qu'elle est maintenue sur le mandrin (7) par les rubans (13). Ces moyens (10) de sectionnement de l'enveloppe (3) sont avantageusement situés à proximité du point de tangence du mandrin (7) et de l'enveloppe (3). Entre chaque moyen (10) de sectionnement de l'enveloppe (3) on obtient ainsi un groupe (11) de tronçons (12) de fibres creuses qui est enroulé autour d'un mandrin (7). Dans le cas de l'appareil des fig. 6 à 8, on obtient après sectionnement de l'enveloppe (3) quatre groupes (11) de tronçons (12) de fibres creuses. Dans l'appareil représenté fig. 8, les moyens (10) de sectionnement de l'enveloppe (3) se trouvent entre chaque extrémité de mandrin et la tige (16) adjacente.

Pour la mise en œuvre du procédé selon la présente invention avec l'appareil des fig. 6 à 8, on opère de la manière suivante:

- on fixe chaque ruban (13), après passage dans un bac encollant (14) à une extrémité d'un mandrin (7)
- on fixe l'extrémité de chaque fibre creuse (2) dévidée depuis une bobine (5) sur un ruban (13) ou à une tige (16) après avoir fait passer cette fibre (2) dans le guide-fil (6) de la bobine (5).
- on met en rotation autour de leurs axes les mandrins (7), le cadre (4) et les tiges (16) et on met en action les moyens (10) de sectionnement
- lorsque l'enveloppe (3) de fibres creuses (2) arrive au contact des moyens (10) de sectionnement on obtient quatre groupes (11) de tronçons (12) de fibres creuses dont chacun est enroulé autour du mandrin (7) correspondant.
- on sectionne les rubans (13) lorsque l'épaisseur (ou le nombre) de tronçons de fibres creuses est jugée suffisante autour d'un mandrin. On peut ensuite recommencer de même en mettant un autre mandrin au même emplacement sur l'appareil.

L'appareil représenté fig. 6 à 8 présente de nombreux avantages. Outre le fait de permettre l'enroulement autour de chaque mandrin (7) de tronçons (12) de fibres creuses qui n'ont pas, ou très peu de tension (comme déjà indiqué ci-

avant) l'appareil permet également de faire varier à volonté et indépendamment les unes des autres les vitesses de rotation du cadre (4), des tiges (16) et des mandrins (7). Ceci est particulièrement important et avantageux, notamment en fin d'enroulement des tronçons (12) de fibres creuses autour d'un mandrin (7). On peut ainsi réduire au maximum les vitesses de rotation du cadre (4) et des tiges (16) et augmenter la vitesse de rotation des mandrins (7) pour terminer l'enroulement par quelques tours de rubans (13) sans tronçons (12) de fibres. Cet appareil se prête également facilement à une automatisation poussée avec possibilité de programmation des vitesses de rotation du cadre (4), des tiges (16) et des mandrins (7), le changement de mandrin pouvant même être effectué automatiquement. Il doit être entendu que dans le mode de réalisation de l'appareil présentement décrit pour la mise en œuvre du procédé selon la présente invention, au moins une des tiges est profilée ou est positionnée de manière à ce que la tension des fibres de l'enveloppe (3) puisse être maîtrisée notamment avant son sectionnement par les moyens (10). Ainsi au moins une tige (16) est généralement conique au moins sur une portion de sa longueur. En outre chaque tige (16) est avantageusement fileté au moins sur la partie recevant directement les fibres (2) dévidées par les bobines (5) lors de la rotation du cadre (4), ce filetage, par rotation des tiges (16) sur elles-mêmes, ayant pour rôle de dégager rapidement la fibre déposée sur la tige (16) et d'éviter ainsi le chevauchement des fibres à cet endroit. La partie des tiges (16) mettant sensiblement l'enveloppe en tangence avec le mandrin peut être lisse pour provoquer une juxtaposition ou un chevauchement contrôlé des fibres de l'enveloppe (3) avant le maintien de cette dernière contre le mandrin (7) par les rubans (13); cette partie de la tige (16) peut dans certains cas être fileté, lorsqu'on recherche un espacement contrôlé et régulier des fibres de l'enveloppe (3) avant que cette dernière soit maintenue comme précédemment par les rubans (13) contre le mandrin (7). Il doit être indiqué également que le filetage des tiges (16) n'est pas nécessairement continu et que le pas du filetage peut éventuellement être variable d'un point à un autre d'une génératrice ou entre différentes zones de génératrices. Il est à noter toutefois que la juxtaposition, le chevauchement ou l'espacement contrôlé des fibres de l'enveloppe (3) sont prédéterminés également par la relation choisie entre la vitesse linéaire de l'enroulement autour des mandrins (7), la vitesse de rotation des tiges (16) et leur filetage, et la vitesse de dépôt des fibres par les bobines (5).

De nombreuses variantes de l'appareil décrit ci-avant et représenté fig. 6 à 8 apparaîtront au technicien. Au lieu de comprendre une tige fileté (16) à chaque extrémité de chaque mandrin (7), l'appareil peut ne comprendre qu'une seule tige (16) entre deux mandrins (7) consécutifs. Les moyens (10) de sectionnement de l'enveloppe (3) se trouvent alors entre la dite tige (16) et l'extrémité de chaque mandrin (7).

Comme pour les appareils des fig. 1 à 5, on peut prévoir également d'enrouler autour de chaque mandrin (7), entre les rubans (13) ou fils d'extrémité, des fils ou rubans intermédiaires espacés les uns des autres dans le but d'assurer une meilleure circulation et répartition du fluide devant circuler à l'extérieur des tronçons de fibres creuses dans le dispositif final à fibres creuses.

Chaque groupe de tronçons de fibres creuses peut éventuellement ne pas avoir de mandrin et pour cela l'appareil comprend des moyens semblables à ceux prévus et décrits pour les variantes de l'appareil des fig. 3 à 5.

Il est possible également d'obtenir deux (ou plus) dispositifs à fibres creuses par côté de l'enveloppe (3) à section polygonale, par exemple si on dispose plusieurs mandrins (7) avec leurs axes dans le prolongement l'un de l'autre.

A titre de variante d'un appareil selon les fig. 6 à 8 pour la

mise en œuvre du procédé selon la présente invention, on peut avoir un appareil dans lequel les rubans (13) (ou les fils) ne sont pas recouverts de matière adhésive et ainsi l'appareil peut ne plus avoir de bacs encolleurs (14). Etant donné que les fibres creuses de l'enveloppe (3) peuvent être maintenues contre chaque mandrin (7) par les rubans (13) (ou les fils), l'absence de matière adhésive au moment du sectionnement n'est pas rédhibitoire pour le procédé. Pour la réalisation des parois d'extrémité du dispositif à fibres creuses il suffira de procéder ultérieurement selon une technique d'injection connue.

Dans l'appareil représenté fig. 6 à 8, les fils ou rubans (13) peuvent ne pas être conservés autour du mandrin (7). Pour cela on peut faire par exemple un demi-tour autour du mandrin (7) par les fils ou rubans (13) supportant les tronçons (12) de fibres, puis retirer par le côté du mandrin (7) les fils ou rubans (13). Ceci permet éventuellement de les réutiliser en début de formation de l'enveloppe (3) pour supporter les fibres (2) et nous avons ainsi un procédé dans lequel ce sont toujours les mêmes fils ou rubans (13) qui servent à supporter l'enveloppe (3). Au moment du départ des fils ou rubans (13) du mandrin on peut prévoir un apport de colle aux extrémités de chaque mandrin, par exemple par de la colle «hot-melt».

A titre de variante non préférentielle de l'appareil des fig. 6 et 7 on peut réaliser un appareil dans lequel les tiges (16) sont remplacées, entre chaque extrémité de mandrins, par un système à courroie tournant autour de deux poulies, les fibres creuses (2) se déposant alors sur un brin de la courroie. Ainsi l'enveloppe (3) de fibres creuses (2) est alors formée par dépôt de fibres creuses sur un des deux brins de chaque courroie en rotation autour de deux poulies et disposée à chaque coin de l'enveloppe à section sensiblement polygonale.

Dans l'appareil selon les fig. 6 à 8, chaque tige (16) peut en outre être remplacée par deux éléments adjacents dont le mouvement de l'un par rapport à l'autre est analogue au mouvement des éléments d'entraînement des tissus sous «le pied de biche» d'une machine à coudre. Les fibres creuses (2) sont ainsi déposées (par enroulement) sur les éléments dont il est question ci-avant et avancent sur ces éléments grâce à leur mouvement relatif l'un par rapport à l'autre.

Les groupes de tronçons de fibres creuses que le procédé et l'appareil selon la présente invention permettent d'obtenir sont ensuite munis d'une enceinte (20) et des tubulures (21) adéquate comme cela est représenté fig. 9, 10 et 11. Cette enceinte (20) peut être placée autour des tronçons (12) de fibres creuses avant que la colle des parois (22) d'extrémité sesoit complètement durcie; on peut considérer que dans ce cas le dispositif n'est plus démontable, ou très difficilement, car l'enceinte (20) est collée aux parois (22) d'extrémité. Dans d'autres cas, on peut prévoir des moyens d'étanchéité, tels que des joints toriques, par exemple, disposés autour des parois (22) d'extrémité et permettant ainsi le démontage ultérieur du dispositif, c'est à dire le retrait aisé des tronçons (12) de fibres creuses de l'enceinte (20). Des dispositifs semblables sont par exemple décrits dans le brevet américain 3 422 008. Les dispositifs obtenus peuvent avoir leurs tronçons (12) de fibres creuses ouverts à chacune de leurs extrémités ou seulement à l'une d'entre elles. Dans le cas où une seule des deux extrémités de tronçons (12) de fibres creuses est ouverte, on peut par exemple, après sectionnement de l'enveloppe par les moyens (10), fermer une des extrémités de ces tronçons (12) par un rajout de colle. Toutefois pour les opérations d'échange (rein artificiel à hémodialyse, poumon artificiel) il est nécessaire que les tronçons (12) de fibres creuses du dispositif soient ouverts à chacune de leurs extrémités. Les fig. 9 à 11 schématisent des dispositifs d'échange à quatre tubulures (21), deux d'entre elles (celles correspondant aux flèches à deux chevrons) per-

mettant la circulation d'un fluide à l'extérieur des tronçons de fibres creuses, tandis que les deux autres tubulures (flèches à un seul chevron) permettent la circulation d'un fluide à l'intérieur des tronçons (12) de fibres creuses. Pour les opérations de séparation (osmose inverse, ultrafiltration) le dispositif peut

ne comporter que trois tubulures.

L'enceinte (20) a généralement une forme à section circulaire, mais elle peut être également parallélépipédique, notamment lorsque chaque groupe (11) de tronçons (12) de fibres creuses est disposé en zig-zag.

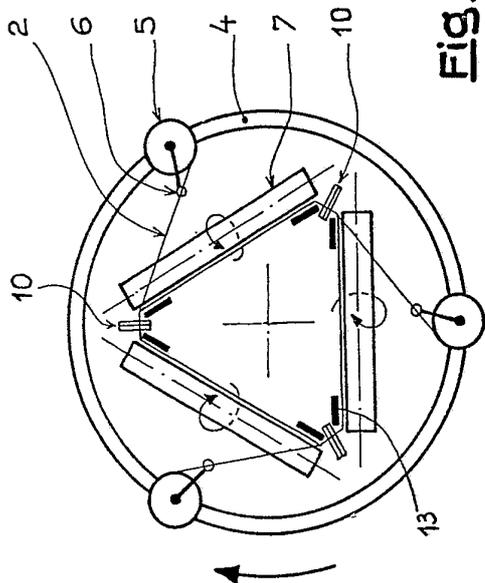


Fig: 3

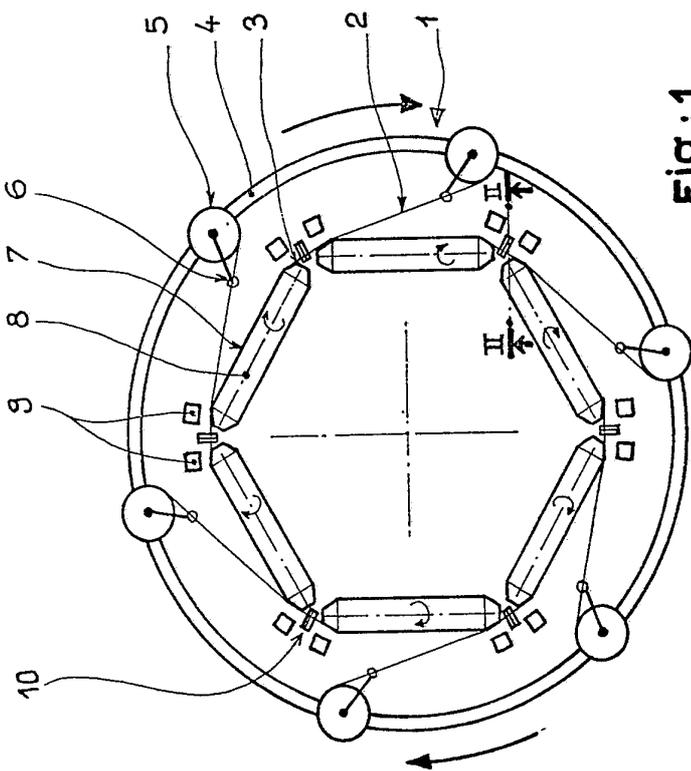


Fig: 1

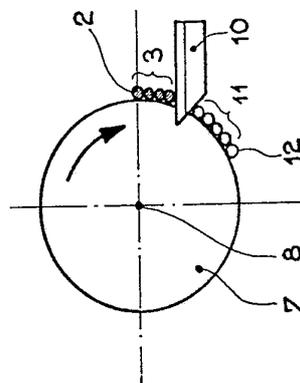


Fig: 2

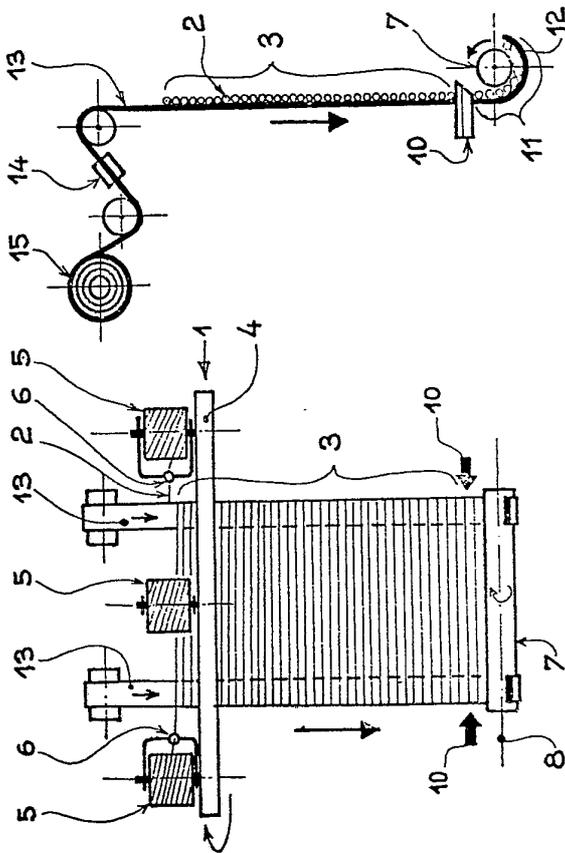
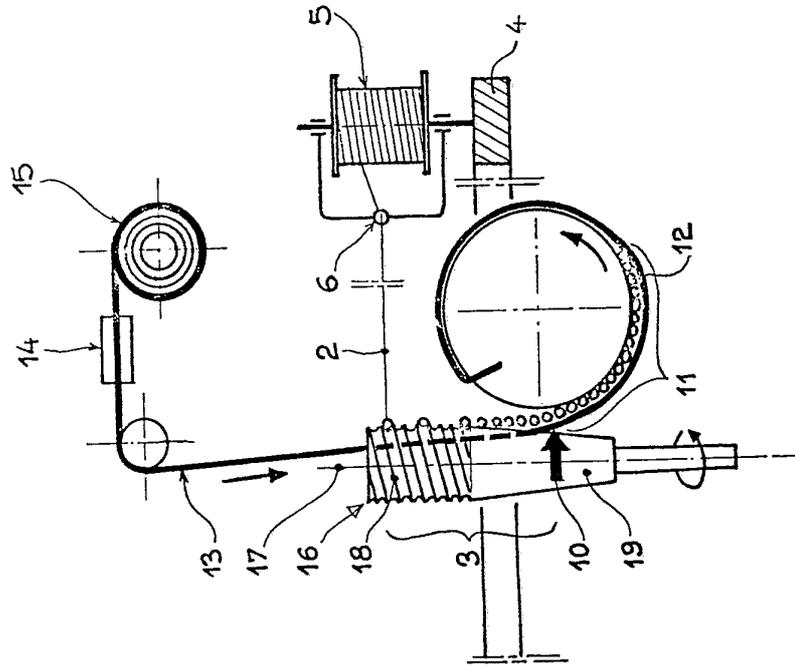
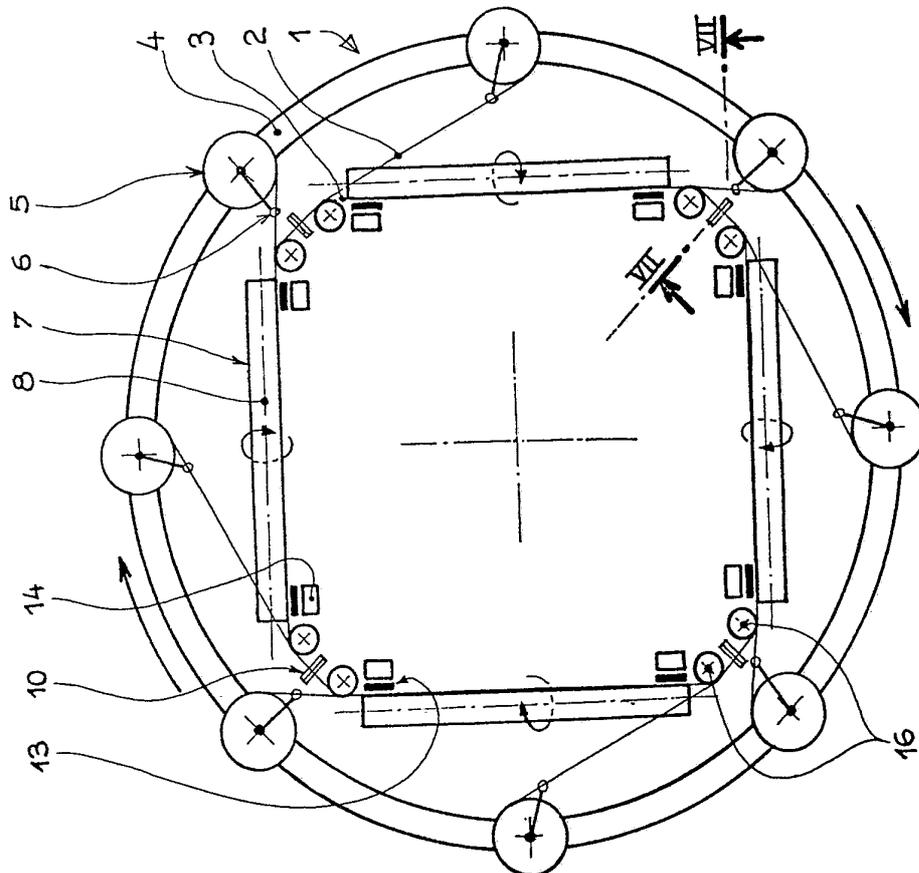


Fig: 5

Fig: 4



**Fig:7**



**Fig:6**

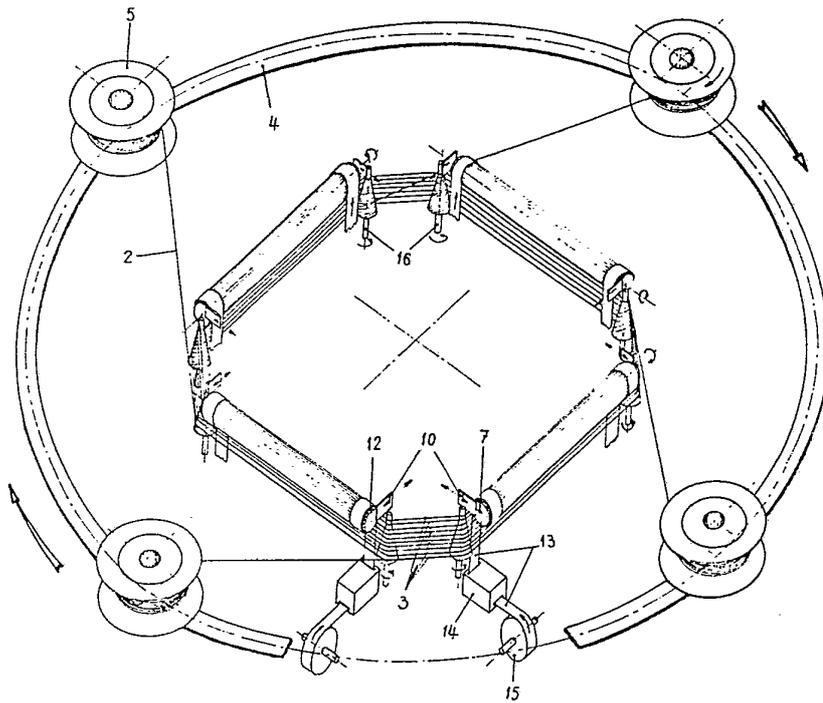


FIG. 8

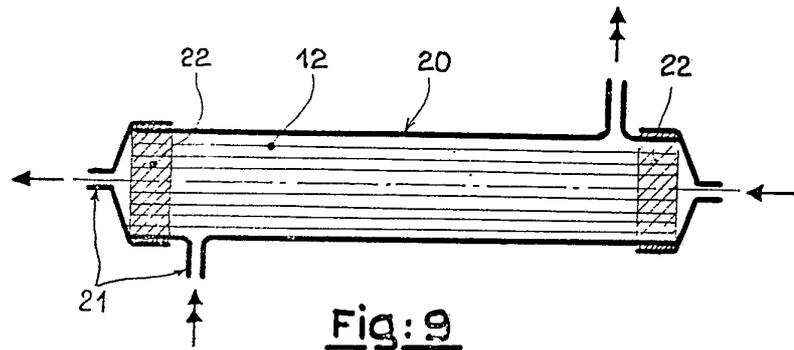


Fig: 9

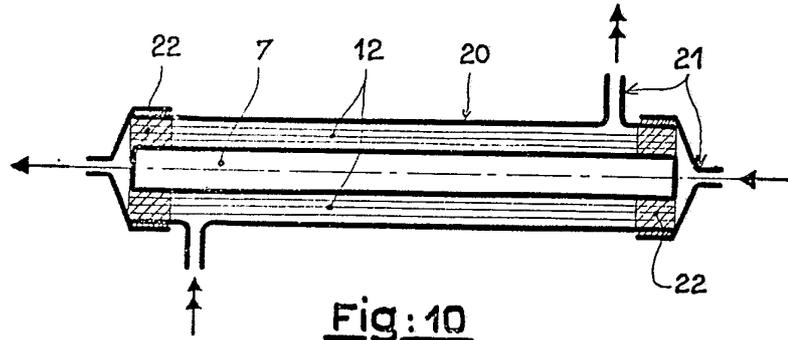


Fig: 10

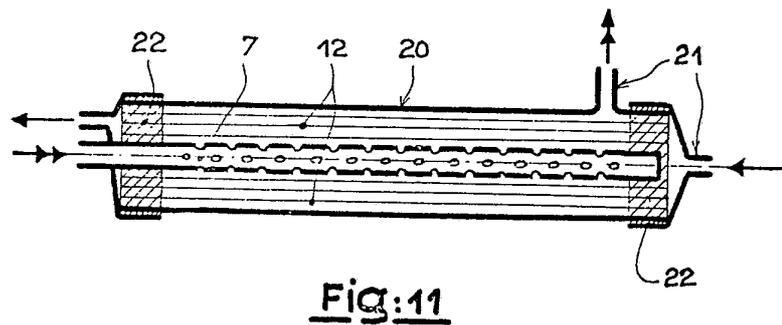


Fig: 11