

12 DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITE

A3

22 Date de dépôt : 28.09.23.

30 Priorité : 28.09.22 US 17/954447.

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 29.03.24 Bulletin 24/13.

56 Les certificats d'utilité ne sont pas soumis à la
procédure de rapport de recherche.

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : WATLOW ELECTRIC MANUFACTU-
RING COMPANY Société de droit américain — US.

72 Inventeur(s) : TATAVARTHY Satya, DINAUER
Ethan, BOEHMER Scott H., YARBROUGH Scott, WIL-
SON Jacob et ZHANG Sanhong.

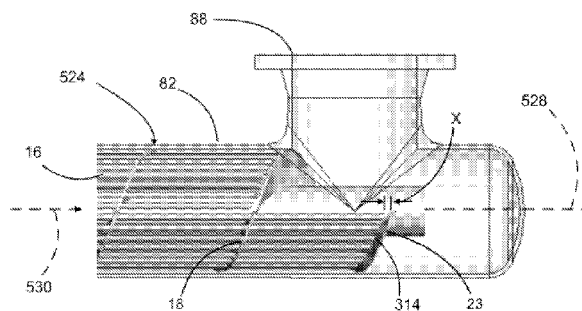
73 Titulaire(s) : WATLOW ELECTRIC MANUFACTU-
RING COMPANY Société de droit américain.

74 Mandataire(s) : CABINET GERMAIN ET MAUREAU.

54 ÉCHANGEUR DE CHALEUR À DÉFLECTEURS HÉLICOÏDAUX CONTINUS.

57 Un appareil de chauffage comprend un guide d'écou-
lement et des éléments chauffants à résistance électrique.
Le guide d'écoulement définit un hélicoïde géométrique
continu disposé autour d'un axe longitudinal et définit des
perforations qui s'étendent dans une direction longitudinale
sur une première longueur longitudinale de l'hélicoïde géo-
métrique. La première longueur longitudinale est inférieure
à une longueur longitudinale totale de l'hélicoïde géomé-
trique. Les éléments chauffants à résistance électrique
s'étendent à travers les perforations. Pour chaque élément
chauffant à résistance électrique, une longueur de cet élé-
ment chauffant à résistance électrique et un pas de l'héli-
coïde géométrique au niveau d'une extrémité distale de cet
élément chauffant à résistance électrique sont tels que l'ex-
trémité distale de cet élément chauffant à résistance élec-
trique est à une distance X de l'hélicoïde géométrique au
niveau de l'extrémité distale de cet élément chauffant à ré-
sistance électrique. La distance X est inférieure ou égale à
40% du pas au niveau de l'extrémité distale de cet élément
chauffant à résistance électrique.

Figure pour l'abrégi [Fig. 31]



Description

Titre de l'invention : ÉCHANGEUR DE CHALEUR À DÉFLECTEURS HÉLICOÏDAUX CONTINUS

Domaine technique

- [0001] La présente divulgation se rapporte de manière générale aux appareils de chauffage, et plus particulièrement aux échangeurs de chaleur pour fluide chauffant.

Technique antérieure

- [0002] Les déclarations dans cette section fournissent simplement des informations de base liées à la présente divulgation et ne peuvent pas constituer l'art antérieur.
- [0003] Les échangeurs de chaleur comprennent généralement un récipient tubulaire et une pluralité d'éléments chauffants disposés à l'intérieur du récipient tubulaire. Le fluide de travail entre dans le récipient tubulaire par une extrémité longitudinale et sort par l'autre extrémité longitudinale. Le fluide de travail est chauffé par la pluralité d'éléments chauffants à mesure que le fluide de travail s'écoule à l'intérieur du récipient tubulaire. Dans les échangeurs de chaleur fluide-fluide, les éléments chauffants sont des tubes à travers lesquels s'écoule un fluide chauffant. La chaleur est transférée du fluide chauffant au fluide de travail via les parois des tubes. Dans les échangeurs de chaleur électriques, les éléments chauffants sont des éléments chauffants électriques (par exemple, des éléments chauffants à résistance).
- [0004] Afin de chauffer plus rapidement et plus efficacement le fluide de travail, un échangeur de chaleur typique peut augmenter la surface totale d'échange de chaleur ou augmenter le flux de chaleur des éléments chauffants, pour augmenter la chaleur délivrée. Cependant, les procédés typiques d'augmentation de la surface totale d'échange de chaleur peuvent prendre plus de place dans l'échangeur de chaleur qui pourrait autrement être utilisé pour contenir le fluide de travail et les procédés typiques d'augmentation du flux de chaleur des éléments chauffants peuvent être limités par les matériaux et la conception des éléments chauffants, ainsi que d'autres exigences spécifiques des applications.

Exposé de l'invention

- [0005] Selon une forme, un ensemble de chauffage est fourni, qui comprend une série continue d'organes hélicoïdaux et une pluralité d'éléments chauffants. Chaque organe hélicoïdal définit des bords opposés et un motif prédéterminé de perforations s'étendant à travers chaque organe hélicoïdal et parallèlement à un axe longitudinal de l'ensemble de chauffage. La pluralité d'éléments chauffants s'étendent à travers les perforations (et selon une forme à travers toutes les perforations) de la série continue d'organes hélicoïdaux. La série continue d'organes hélicoïdaux définit un hélicoïde

géométrique.

- [0006] Selon une autre forme, un échangeur de chaleur électrique comprend un corps définissant une cavité, un ensemble de chauffage disposé dans la cavité, et une bride proximale configurée pour fixer l'ensemble de chauffage au corps. L'ensemble de chauffage définit un axe longitudinal et comprend une série continue d'organes hélicoïdaux et une pluralité d'éléments chauffants. Chaque organe hélicoïdal définit des bords opposés et un motif prédéterminé de perforations s'étendant à travers chaque organe hélicoïdal et parallèlement à l'axe longitudinal. La pluralité d'éléments chauffants s'étendent à travers les perforations de la série continue d'organes hélicoïdaux. La série continue d'organes hélicoïdaux définit un hélicoïde géométrique.
- [0007] Selon encore une autre forme, dans un échangeur de chaleur électrique, un dispositif fournit une augmentation de température linéaire régulière sur une longueur de l'échangeur de chaleur électrique. Le dispositif comprend une série continue d'organes hélicoïdaux. Chaque organe hélicoïdal définit des bords opposés et un motif prédéterminé de perforations s'étendant à travers chaque organe hélicoïdal et parallèlement à un axe longitudinal de l'échangeur de chaleur électrique. La série continue d'organes hélicoïdaux définit un hélicoïde géométrique et les perforations sont configurées pour recevoir des éléments chauffants.
- [0008] Selon une forme, un ensemble de chauffage comprend une série continue d'organes hélicoïdaux perforés et une pluralité d'éléments chauffants. Les organes hélicoïdaux perforés coopèrent pour définir un hélicoïde géométrique disposé autour d'un axe longitudinal de l'ensemble de chauffage. Chaque organe hélicoïdal perforé définit des bords opposés et un motif prédéterminé de perforations. Les perforations s'étendent à travers chaque organe hélicoïdal perforé parallèlement à l'axe longitudinal. Les éléments chauffants s'étendent à travers les perforations.
- [0009] Selon une autre forme, chaque élément chauffant comprend un premier segment, un deuxième segment et une courbure reliant les premier et deuxième segments. Le premier segment s'étend à travers un premier ensemble de perforations. Le deuxième segment s'étend à travers un deuxième ensemble de perforations. Le deuxième ensemble de perforations est parallèle à et décalé par rapport au premier ensemble de perforations.
- [0010] Selon une forme supplémentaire, la pluralité d'éléments chauffants sont agencés selon un motif concentrique.
- [0011] Selon encore une autre forme, l'ensemble de chauffage comprend en outre un organe de support central. Chacun des organes hélicoïdaux perforés définit une ouverture centrale et l'organe de support central s'étend à travers l'ouverture centrale.
- [0012] Selon une autre forme, l'ensemble de chauffage comprend en outre un capteur de température qui s'étend à travers une partie intérieure de l'organe de support central, le

- capteur de température comprenant une sonde externe à l'organe de support central.
- [0013] Selon une autre forme, l'ensemble de chauffage comprend en outre une bride proximale configurée pour fixer l'ensemble de chauffage à un corps d'échangeur de chaleur. La bride définit une pluralité d'ouvertures de bride et une rainure centrale. Les ouvertures de bride sont alignées avec les perforations des organes hélicoïdaux perforés. Les éléments chauffants s'étendent à travers les ouvertures de bride. L'organe de support central est reçu dans la rainure centrale.
- [0014] Selon une autre forme, l'ensemble de chauffage comprend en outre une ouverture de ventilation assurant une communication fluide entre une partie extérieure de l'organe de support central et une partie intérieure de l'organe de support central à proximité de la bride.
- [0015] Selon une autre forme, l'organe de support central comprend au moins un appareil de chauffage supplémentaire.
- [0016] Selon une autre forme, l'ensemble de chauffage comprend en outre un organe hélicoïdal non perforé disposé au niveau d'une extrémité distale de la série continue d'organes hélicoïdaux perforés, l'organe hélicoïdal non perforé formant une extension de l'hélicoïde géométrique.
- [0017] Selon une autre forme, chacun des éléments chauffants est fixé à au moins une partie de chaque perforation à travers laquelle s'étend chaque élément chauffant.
- [0018] Selon une autre forme, le bord opposé d'un organe hélicoïdal chevauche le bord opposé d'un organe hélicoïdal adjacent.
- [0019] Selon une autre forme, le bord opposé d'un organe hélicoïdal est espacé du bord opposé d'un organe hélicoïdal adjacent et relié à celui-ci par un organe de pontage.
- [0020] Selon une autre forme, l'ensemble de chauffage comprend en outre une pluralité de tiges s'étendant parallèlement à l'axe longitudinal. Une périphérie de chaque organe hélicoïdal perforé définit une pluralité de rainures, et les tiges sont au moins partiellement disposées dans un ensemble correspondant de rainures.
- [0021] Selon une autre forme, les tiges s'étendent vers l'extérieur depuis les rainures au-delà de la périphérie de chaque organe hélicoïdal perforé. L'ensemble de chauffage est configuré pour être reçu dans une cavité cylindrique d'un corps et les tiges sont configurées pour fournir un contact coulissant avec une paroi du corps qui définit la cavité cylindrique.
- [0022] Selon une autre forme, l'ensemble de chauffage comprend en outre une enveloppe disposée autour d'au moins l'un des organes hélicoïdaux perforés et couplée aux tiges.
- [0023] Selon une autre forme, les tiges ne s'étendent pas vers l'extérieur au-delà de la périphérie de chaque organe hélicoïdal perforé.
- [0024] Selon une autre forme, l'enveloppe est un écran thermique configuré pour réfléchir l'énergie radiante radialement vers l'intérieur par rapport à l'axe longitudinal.

- [0025] Selon une autre forme, l'enveloppe comprend au moins une jupe définissant une pluralité de volets déformables qui s'étendent radialement vers l'extérieur par rapport à l'axe longitudinal.
- [0026] Selon une autre forme, l'au moins une jupe est disposée à proximité d'une partie d'extrémité proximale ou d'une partie d'extrémité distale de l'ensemble de chauffage.
- [0027] Selon une autre forme, l'au moins une jupe comprend une première jupe et une deuxième jupe. La première jupe est disposée au niveau d'une partie d'extrémité proximale de l'ensemble de chauffage et la deuxième jupe est disposée au niveau d'une partie d'extrémité distale de l'ensemble de chauffage.
- [0028] Selon une autre forme, la série continue d'organes hélicoïdaux perforés définit un pas variable.
- [0029] Selon une autre forme, la série continue d'organes hélicoïdaux perforés a un pas plus long à proximité d'une extrémité d'entrée de l'ensemble de chauffage qu'une extrémité de sortie de l'ensemble de chauffage.
- [0030] Selon une autre forme, les éléments chauffants sont des éléments chauffants à résistance électrique.
- [0031] Selon une autre forme, les éléments chauffants à résistance électrique font partie du groupe comprenant : un appareil de chauffage tubulaire, une cartouche chauffante ou un appareil de chauffage multi-élément.
- [0032] Selon une autre forme, la pluralité d'éléments chauffants comprend un premier élément chauffant et un deuxième élément chauffant, le premier élément chauffant ayant une longueur différente de celle du deuxième élément chauffant.
- [0033] Selon une autre forme, l'ensemble de chauffage comprend en outre une plaque d'alignement disposée de manière coaxiale autour de l'axe longitudinal. La plaque d'alignement définit une pluralité d'ouvertures de plaque qui s'alignent avec les perforations des organes hélicoïdaux perforés.
- [0034] Selon une autre forme, un échangeur de chaleur comprend un corps, un ensemble de chauffage et une bride proximale. Le corps définit une cavité cylindrique. L'ensemble de chauffage définit un axe longitudinal. L'ensemble de chauffage comprend une série continue d'organes hélicoïdaux perforés et une pluralité d'éléments chauffants. Les organes hélicoïdaux perforés sont disposés dans la cavité cylindrique et définissent un hélicoïde géométrique. Chaque organe hélicoïdal perforé définit des bords opposés et un motif prédéterminé de perforations s'étendant à travers chaque organe hélicoïdal perforé et parallèlement à l'axe longitudinal. Les éléments chauffants s'étendent à travers les perforations des organes hélicoïdaux perforés. La bride proximale fixe l'ensemble de chauffage au corps.
- [0035] Selon une autre forme, l'échangeur de chaleur comprend en outre une pluralité de tiges s'étendant longitudinalement parallèlement à l'axe longitudinal. Une périphérie

de chaque organe hélicoïdal perforé définit une pluralité de rainures, et les tiges sont partiellement disposées dans un ensemble correspondant de rainures et ont une épaisseur qui s'étend radialement vers l'extérieur de la périphérie des organes hélicoïdaux perforés de sorte que les tiges soient en contact coulissant avec une paroi intérieure du corps qui définit la cavité cylindrique.

[0036] Selon une autre forme, l'échangeur de chaleur comprend en outre une jupe qui comprend des volets élastiquement déformables qui s'étendent radialement entre les organes hélicoïdaux perforés et une paroi intérieure du corps qui définit la cavité cylindrique.

[0037] Selon une autre forme, le corps comprend une entrée au niveau d'une extrémité proximale de la cavité cylindrique et une sortie au niveau d'une extrémité distale de la cavité cylindrique. L'ensemble de chauffage comprend en outre un organe hélicoïdal non perforé couplé à un dernier organe de la série continue d'organes hélicoïdaux perforés. L'organe hélicoïdal non perforé forme une extension de l'hélicoïde géométrique et commence le long de l'hélicoïde géométrique au niveau de la sortie ou avant celle-ci.

[0038] Selon une autre forme, l'organe hélicoïdal non perforé a un pas égal à un diamètre de la sortie.

[0039] Selon une autre forme, un ensemble de chauffage comprend un déflecteur hélicoïdal perforé continu et une pluralité d'éléments chauffants. Le déflecteur définit un hélicoïde géométrique autour d'un axe longitudinal. Le déflecteur hélicoïdal perforé définit un motif prédéterminé de perforations s'étendant à travers le déflecteur hélicoïdal perforé et parallèlement à l'axe longitudinal. Les éléments chauffants s'étendent à travers les perforations.

[0040] Selon une forme supplémentaire, l'hélicoïde géométrique a un pas qui varie le long de l'axe longitudinal.

[0041] Selon une forme supplémentaire, le pas est variable en continu.

[0042] Des domaines d'application supplémentaires ressortiront de la description fournie ici. Il doit être compris que la description et les exemples spécifiques sont destinés à des fins d'illustration uniquement et ne sont pas destinés à limiter le cadre de la présente divulgation.

Brève description des dessins

[0043] La présente divulgation sera mieux comprise à partir de la description détaillée et des dessins annexés, dans lesquels :

[0044] La [Fig.1] est une vue en perspective d'un ensemble de chauffage construit conformément aux enseignements de la présente divulgation ;

[0045] La [Fig.2] est une vue en perspective d'une série continue d'organes hélicoïdaux de

l'ensemble de chauffage de la [Fig.1] ;

- [0046] La [Fig.3] est une vue en perspective d'un organe hélicoïdal de la [Fig.2] ;
- [0047] La [Fig.4] est une vue de face de l'organe hélicoïdal de la [Fig.3] ;
- [0048] La [Fig.5] est une vue en perspective d'une série continue d'organes hélicoïdaux et d'un organe de support central de la [Fig.1] ;
- [0049] La [Fig.6] est une vue en perspective partielle d'organes hélicoïdaux et d'éléments chauffants de la [Fig.1] ;
- [0050] La [Fig.7] est une vue montrant la liaison entre un élément chauffant et un organe hélicoïdal ;
- [0051] La [Fig.8] est une vue en perspective partielle d'organes hélicoïdaux et d'éléments chauffants de la [Fig.1] ;
- [0052] La [Fig.9] est une vue de face d'éléments chauffants montés sur un organe hélicoïdal ;
- [0053] La [Fig.10] est une vue de face d'éléments chauffants montés sur un organe hélicoïdal montrant un agencement différent des éléments chauffants ;
- [0054] La [Fig.11] est une vue en perspective partielle d'un ensemble de chauffage de la [Fig.1], avec une enveloppe retirée pour montrer un organe hélicoïdal non perforé et des tiges de support ;
- [0055] La [Fig.12] est une vue en perspective partielle d'un ensemble de chauffage de la [Fig.1], avec une enveloppe et un organe hélicoïdal non perforé retirés ;
- [0056] La [Fig.13] est une vue agrandie de la partie A de la [Fig.1] ;
- [0057] La [Fig.14] est une vue agrandie de la partie B de la [Fig.1] ;
- [0058] La [Fig.15] est une vue en perspective d'une bride de montage proximale de la [Fig.1] ;
- [0059] La [Fig.16] est une vue en perspective avec arrachement d'un échangeur de chaleur électrique construit conformément aux enseignements de la présente divulgation ;
- [0060] La [Fig.17] est une vue de face avec arrachement de l'échangeur de chaleur électrique de la [Fig.16] ;
- [0061] La [Fig.18] est un diagramme montrant une distribution de température le long de l'ensemble de chauffage de la [Fig.1] ;
- [0062] La [Fig.19] est un graphique montrant les températures de surface d'élément chauffant par rapport à une distance d'une bride de montage proximale pour un échangeur de chaleur traditionnel et pour un échangeur de chaleur avec l'ensemble de chauffage de la [Fig.18] ;
- [0063] La [Fig.20] est une vue en perspective côté gauche d'un ensemble de chauffage d'une deuxième construction conformément aux enseignements de la présente divulgation, illustré avec une enveloppe optionnelle installée ;
- [0064] La [Fig.21] est une vue en perspective côté droit de l'ensemble de chauffage de la

[Fig.20], illustré sans l'enveloppe optionnelle installée ;

[0065] La [Fig.22] est une vue en perspective d'une section de l'enveloppe de la [Fig.20] ;

[0066] La [Fig.23] est une vue en perspective d'une extrémité distale de l'ensemble de chauffage de la [Fig.20] ;

[0067] La [Fig.24] est une vue en perspective d'un tube central et d'une bride de montage de l'ensemble de chauffage de la [Fig.20] ;

[0068] La [Fig.25] est une vue en perspective éclatée du tube central et de la bride de montage de la [Fig.24] ;

[0069] La [Fig.26] est une vue en perspective d'un échangeur de chaleur conformément aux enseignements de la présente divulgation, comprenant l'ensemble de chauffage de la [Fig.20] ;

[0070] La [Fig.27] est une vue en coupe transversale d'une extrémité proximale de l'échangeur de chaleur de la [Fig.26] ;

[0071] La [Fig.28] est une vue en coupe transversale d'une extrémité distale de l'échangeur de chaleur de la [Fig.26] ;

[0072] La [Fig.29] est une vue en perspective d'un ensemble de chauffage d'une troisième construction conformément aux enseignements de la présente divulgation, illustrant des éléments chauffants droits ;

[0073] La [Fig.30] est une vue en perspective d'une partie d'extrémité d'un ensemble de chauffage d'une quatrième construction conformément aux enseignements de la présente divulgation ;

[0074] La [Fig.31] est une vue en coupe transversale partielle latérale d'une partie d'extrémité d'un ensemble de chauffage d'une cinquième construction conformément aux enseignements de la présente divulgation ;

[0075] La [Fig.32] est une vue en coupe transversale partielle latérale d'une partie d'extrémité opposée de l'ensemble de chauffage de la [Fig.31] ;

[0076] La [Fig.33] est une vue en perspective d'une partie d'extrémité opposée de l'ensemble de chauffage de la [Fig.30] ;

[0077] La [Fig.34] est une vue en perspective d'une partie d'extrémité d'un élément de chauffage conformément à une forme de la présente divulgation ; et

[0078] La [Fig.35] est une vue en perspective d'une partie d'extrémité d'un élément de chauffage conformément à une autre forme de la présente divulgation.

[0079] Les numéros de référence correspondants indiquent des parties correspondantes dans les différentes vues des dessins.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

[0080] La description suivante est simplement de nature exemplaire et n'est pas destinée à limiter la présente divulgation, la demande ou les utilisations.

- [0081] En se référant à la [Fig.1], un ensemble de chauffage 10 construit conformément aux enseignements de la présente divulgation est configuré pour être disposé à l'intérieur d'un corps tubulaire 82 ou d'une calandre d'un échangeur de chaleur 80 (représenté dans la [Fig.16] et la [Fig.17]) pour chauffer un fluide de travail s'écoulant à travers l'échangeur de chaleur électrique 80. L'ensemble de chauffage 10 peut être monté sur le corps tubulaire 82 de l'échangeur de chaleur 80 par une plaque d'extrémité proximale ou une bride de montage 12. L'ensemble de chauffage 10 comprend un dispositif de guidage d'écoulement 14 et une pluralité d'éléments chauffants 16 s'étendant dans et fixés par rapport au dispositif de guidage d'écoulement 14. L'ensemble de chauffage 10 définit une partie d'extrémité proximale 20 et une partie d'extrémité distale 21 qui définissent un axe longitudinal X de l'ensemble de chauffage 10. La bride de montage 12 est disposée au niveau de la partie d'extrémité proximale 20 de l'ensemble de chauffage 10. La pluralité d'éléments chauffants 16 s'étendent le long de l'axe longitudinal X de l'ensemble de chauffage 10.
- [0082] En se référant à la [Fig.2], le dispositif de guidage d'écoulement 14 comprend une pluralité d'organes hélicoïdaux perforés 18 ou de déflecteurs hélicoïdaux qui sont reliés selon un arrangement linéaire le long de l'axe longitudinal X de l'ensemble de chauffage 10 pour définir un hélicoïde géométrique continu. L'hélicoïde géométrique continu est tel que chaque organe hélicoïdal perforé 18 définit une surface qui suit un trajet hélicoïdal autour de l'axe longitudinal X. Facultativement, le dispositif de guidage d'écoulement 14 comprend en outre un déflecteur d'extrémité hélicoïdal ou un organe hélicoïdal non perforé 23 disposé de manière adjacente à la partie d'extrémité distale 21 de l'ensemble de chauffage 10 et relié à un organe hélicoïdal perforé adjacent 18 pour former une extension de l'hélicoïde géométrique continu. La pluralité d'organes hélicoïdaux perforés 18 et l'organe hélicoïdal non perforé 23 définissent un canal de guidage d'écoulement hélicoïdal continu 22 pour guider le fluide de travail pour qu'il s'écoule dedans et pour créer un écoulement hélicoïdal dans le corps tubulaire 82 de l'échangeur de chaleur 80 ([Fig.16] et [Fig.17]).
- [0083] En se référant aux figures 3 et 4, les organes hélicoïdaux perforés 18 se présentent chacun sous la forme d'une tôle qui est courbée pour former une spire hélicoïdale complète. Bien que cela ne soit pas représenté dans les dessins, il est entendu que la tôle peut être courbée pour former seulement une partie d'une spire hélicoïdale ou plus d'une spire hélicoïdale. Les organes hélicoïdaux perforés 18 définissent chacun des bords opposés 26 et 28 et un motif prédéterminé de perforations 30 s'étendant à travers chaque organe hélicoïdal perforé 18. Un bord opposé 26 ou 28 d'un organe hélicoïdal perforé 18 peut être soudé à un bord opposé 28 ou 26 d'un organe hélicoïdal perforé adjacent 18. Selon une forme, comme le montre la [Fig.8], le bord opposé 26 ou 28 d'un organe hélicoïdal perforé 18 peut chevaucher un bord opposé 28 ou 26 de

l'organe hélicoïdal perforé adjacent 18. Dans l'exemple représenté dans la [Fig.8], ce chevauchement est égal à environ 1,01 rotation pour assurer une couverture supplémentaire. Selon une autre forme, comme le montre la [Fig.6], le bord opposé 26 ou 28 d'un organe hélicoïdal perforé 18 peut venir en butée contre et être soudé à un bord opposé 28 ou 26 d'un organe hélicoïdal perforé adjacent 18 de sorte que des surfaces des organes hélicoïdaux perforés adjacents 18 forment une surface continue. Dans un autre exemple, non spécifiquement représenté, le bord opposé 26 ou 28 d'un organe hélicoïdal perforé 18 peut être relié au bord opposé 28 ou 26 de l'organe hélicoïdal perforé adjacent 18 par un organe de pontage (non représenté). L'organe de pontage peut être de forme hélicoïdale ou peut avoir une autre forme, par exemple s'étendant sur une courte distance de manière circulaire.

- [0084] Par conséquent, les organes hélicoïdaux perforés 18 sont reliés le long de l'axe longitudinal X de l'ensemble de chauffage 10 pour former un arrangement linéaire (une série continue) d'organes hélicoïdaux perforés 18. Les perforations 30 dans la pluralité d'organes hélicoïdaux perforés 18 sont alignées le long d'une direction parallèle à l'axe longitudinal X de l'ensemble de chauffage 10, ou normale à une direction radiale, entraînant ainsi un angle par rapport à chaque face des organes hélicoïdaux perforés 18. L'organe hélicoïdal non perforé 23 est relié à une extrémité distale de la série continue d'organes hélicoïdaux perforés 18. L'organe hélicoïdal non perforé 23 est structurellement similaire à l'organe hélicoïdal perforé 18, mais n'est pas perforé.
- [0085] Chacun des organes hélicoïdaux perforés 18 et de l'organe hélicoïdal non perforé 23 a un bord périphérique interne 32, qui est profilé de manière à ce que, lorsqu'on regarde dans une direction parallèle à l'axe longitudinal X de l'ensemble de chauffage 10, le bord périphérique interne 32 définisse une ouverture circulaire 34 coaxiale avec l'axe longitudinal X. Dans l'exemple fourni, les organes hélicoïdaux perforés 18 définissent chacun une pluralité de rainures périphériques 36 le long de la périphérie externe des organes hélicoïdaux perforés 18. De même, l'organe hélicoïdal non perforé 23 définit une pluralité de rainures périphériques 36 le long de sa périphérie externe. Les rainures périphériques 36 de la pluralité d'organes hélicoïdaux perforés 18 (et l'organe hélicoïdal non perforé 23) sont également alignées le long d'une direction parallèle à l'axe longitudinal X de l'ensemble de chauffage 10.
- [0086] Le pas hélicoïdal, le diamètre externe des organes hélicoïdaux perforés 18, le diamètre de l'ouverture centrale 34 des organes hélicoïdaux perforés 18 et l'épaisseur des organes hélicoïdaux perforés 18 peuvent être correctement sélectionnés en fonction d'un débit souhaité et d'un volume d'écoulement souhaité du fluide de travail. Le nombre d'éléments chauffants 16 et le nombre de perforations 30 dans l'organe hélicoïdal perforé 18 peuvent être correctement sélectionnés en fonction d'une chaleur délivrée et d'un rendement thermique souhaités.

- [0087] En se référant à la [Fig.5], l'ensemble de chauffage 10 comprend en outre un organe de support central 40 qui s'étend à travers les ouvertures centrales 34 des organes hélicoïdaux perforés 18 et l'organe hélicoïdal non perforé 23 pour relier la pluralité d'organes hélicoïdaux perforés 18 et l'organe hélicoïdal non perforé 23 ensemble et pour fournir un support structurel à l'ensemble de chauffage 10. L'organe de support central 40 et l'organe hélicoïdal non perforé 23 peuvent également être configurés pour fournir un chauffage supplémentaire au fluide de travail. Selon une forme, l'organe de support central 40 est un élément chauffant supplémentaire (par exemple un élément chauffant électrique). Lorsqu'il est également utilisé comme élément chauffant supplémentaire, l'organe de support central 40 peut comprendre un ou plusieurs éléments chauffants à résistance électrique, tels qu'une cartouche chauffante, un appareil de chauffage tubulaire ou tout appareil de chauffage conventionnel ayant une configuration allongée pour fournir à la fois un chauffage et un support structurel.
- [0088] En se référant aux figures 6 et 7, la pluralité d'éléments chauffants 16 sont insérés à travers les perforations 30. Seulement quelques éléments chauffants 16 sont représentés dans les figures 6 et 7 pour la clarté d'illustration, mais lorsqu'elles sont entièrement assemblées, toutes les perforations 30 reçoivent des éléments chauffants 16 à travers celles-ci, de sorte que le fluide se déplace le long du canal de guidage d'écoulement hélicoïdal 22 et non à travers les perforations 30. Dans l'exemple fourni, la pluralité d'éléments chauffants 16 ont chacun une configuration en forme de pince et comprennent une paire de parties droites 42 s'étendant à travers les perforations 30 des organes hélicoïdaux perforés 18, et une partie courbée 44 reliant la paire de parties droites 42. Les éléments chauffants 16 peuvent être n'importe quel type approprié d'élément chauffant, tel que des éléments chauffants à résistance électrique.
- [0089] Par exemple, des appareils de chauffage tubulaires électriques, des cartouches chauffantes électriques ou des appareils de chauffage multi-éléments peuvent être utilisés. Lorsque les éléments chauffants 16 sont des éléments chauffants électriques, ils peuvent contenir des éléments chauffants à résistance (par exemple, des serpentins de chauffage, non spécifiquement représentés) qui peuvent être disposés dans les parties droites 42 et, le cas échéant, dans la partie courbée 44. Dans l'exemple fourni, un serpentín de chauffage à résistance électrique peut s'étendre à travers les parties droites 42 et la partie courbée 44 et avoir des conducteurs opposés (non spécifiquement représentés) s'étendant depuis les extrémités proximales des parties droites respectives 42. En faisant référence supplémentaire à la [Fig.29], un exemple d'un appareil de chauffage de type cartouche est illustré. Dans cet exemple, les éléments chauffants comprennent uniquement les parties droites 42. Chaque partie droite 42 se termine au niveau de l'extrémité distale et l'élément chauffant 16 ne se courbe pas pour se relier à deux des parties droites 42. Au lieu de cela, un élément chauffant à résistance (non re-

présenté) est disposé dans chaque partie droite 42 et les conducteurs électriques s'étendent depuis l'extrémité proximale de chaque partie droite 42.

[0090] Revenant aux figures 6 et 7, chacun des éléments chauffants 16 est fixé à au moins une partie de chaque perforation 30 à travers laquelle s'étend chaque élément chauffant 16. Dans l'exemple fourni, les éléments chauffants 16 sont fixés par soudage sur environ la moitié d'une périphérie de chaque perforation 30 de sorte qu'un joint de soudure 46 soit formé le long de la demi-périphérie de la perforation 30.

[0091] En se référant à la [Fig.8], le fluide de travail est guidé par les organes hélicoïdaux perforés 18 dans le canal de guidage d'écoulement 22 pour s'écouler dans une direction hélicoïdale F et est chauffé en continu par les éléments chauffants 16. En utilisant le canal de guidage d'écoulement 22, le fluide de travail peut être guidé pour s'écouler transversalement à travers la surface chauffante des éléments chauffants 16. Par conséquent, le fluide de travail peut être chauffé plus efficacement par les éléments chauffants 16 sur une longueur prédéterminée de l'échangeur de chaleur 80, par opposition à un échangeur de chaleur typique (non représenté) où le fluide de travail s'écoule dans une direction parallèle à l'axe longitudinal X de l'échangeur de chaleur. Étant donné que le fluide de travail est correctement guidé pour s'écouler transversalement à travers la surface chauffante des éléments chauffants 16, une zone morte où le fluide de travail n'est pas chauffé peut être évitée. Dans les échangeurs de chaleur traditionnels, non spécifiquement représentés, les zones mortes peuvent conduire à un encrassement dans lequel le fluide de travail se décompose et provoque une accumulation de matière et des dépôts sur les éléments chauffants. En conséquence, les échangeurs de chaleur des présents enseignements peuvent réduire l'encrassement et augmenter l'efficacité du transfert de chaleur en augmentant l'uniformité d'écoulement et en diminuant la perte de chaleur par rayonnement vers la calandre ou le récipient (par exemple, le corps 82 représenté dans les figures 16 et 17).

[0092] En se référant aux figures 9 et 10, les éléments chauffants 16 peuvent être insérés dans les perforations 30 de manière à ce que la partie courbée 44 des éléments chauffants 16 forme un motif concentrique autour de l'organe de support central 40 ([Fig.9]), ou pour former un motif symétrique par rapport à un diamètre de l'organe hélicoïdal perforé 18 ([Fig.10]). Entre les configurations représentées dans les figures 9 et 10, une plus grande densité d'éléments chauffants 16 peut être installée dans le même espace en utilisant le motif concentrique, bien que d'autres configurations et motifs puissent être utilisés. Entre les configurations représentées dans les figures 9 et 10, le motif concentrique a de manière générale des rayons de courbure plus serrés reliant les parties droites 42. Ainsi, le motif peut également être choisi sur la base de critères de conception, tels que la densité d'élément ou les rayons de courbure. Comme le montre mieux la [Fig.12], les éléments chauffants 16 peuvent avoir des longueurs différentes,

de sorte que certains des éléments chauffants 16 s'étendent plus loin le long de l'axe longitudinal X que d'autres. La longueur des éléments chauffants 16 peut être basée sur leur emplacement par rapport à l'organe hélicoïdal non perforé 23. Dans une configuration, le ou les plusieurs éléments chauffants 16 peuvent être un premier ensemble d'éléments chauffants qui ont tous une première longueur, tandis qu'un ou plusieurs éléments chauffants différents 16 peuvent être un deuxième ensemble d'éléments chauffants qui ont tous une deuxième longueur différente de la première longueur. Dans cet exemple, les éléments chauffants 16 ne sont pas limités à seulement deux ensembles avec seulement deux longueurs, et des ensembles et longueurs supplémentaires peuvent être inclus.

- [0093] Dans une configuration, représentée dans la [Fig.30], un appareil de chauffage 510 comprend quatre ensembles 514, 516, 518 et 520 d'éléments chauffants 16, bien que plus ou moins d'ensembles puissent être utilisés. L'appareil de chauffage 510 est similaire à l'appareil de chauffage 10, sauf représentation ou description contraire. En conséquence, des nombres similaires représentent des caractéristiques similaires, dont les détails ne sont pas répétés ici. À ce titre, l'appareil de chauffage 510 comprend un guide d'écoulement 524 qui définit un hélicoïde géométrique continu disposé autour d'un axe longitudinal 528 de l'ensemble de chauffage.
- [0094] Le guide d'écoulement 524 définit un motif prédéterminé de perforations 30 qui s'étendent dans une direction longitudinale 530 sur une première longueur longitudinale de l'hélicoïde géométrique, la direction longitudinale 530 étant parallèle à l'axe longitudinal 528. La première longueur longitudinale est inférieure à une longueur longitudinale totale de l'hélicoïde géométrique du guide d'écoulement 524 de sorte qu'une partie distale de l'hélicoïde géométrique soit dépourvue des perforations 30.
- [0095] Le guide d'écoulement 524 peut être facultativement construit par des organes hélicoïdaux perforés individuels (similaires aux organes hélicoïdaux perforés 18) et un ou plusieurs organes hélicoïdaux non perforés (similaires à l'organe hélicoïdal non perforé 23) qui sont agencés et reliés comme discuté ci-dessus en référence aux organes hélicoïdaux perforés 18 et à l'organe hélicoïdal non perforé 23.
- [0096] Chaque élément chauffant 16 d'un ensemble particulier 514, 516, 518 ou 520 a la même longueur que les autres éléments chauffants 16 de cet ensemble 514, 516, 518 ou 520. En d'autres termes, chaque élément chauffant 16 d'un ensemble particulier 514, 516, 518, 520 se termine à la même distance de la bride 12 ([Fig.1]) que les autres éléments chauffants 16 de ce même ensemble 514, 516, 518, 520.
- [0097] Dans l'exemple fourni, les éléments chauffants 16 de chaque ensemble 514, 516, 518, 520 ont des parties droites 42 reliées au niveau de leurs extrémités distales par des parties courbées 44. Dans une configuration alternative, non spécifiquement re-

présentée, les éléments chauffants 16 de chaque ensemble 514, 516, 518, 520 peuvent n'avoir que des parties droites 42 qui se terminent au niveau d'extrémités distales fermées, similaires aux extrémités fermées 314 représentées dans la [Fig.29] ou la [Fig.31].

- [0098] Revenant à l'exemple de la [Fig.30], chaque ensemble 514, 516, 518, 520 a le même ou approximativement le même nombre d'éléments chauffants 16. Par exemple, les ensembles 514, 516, 518, 520 peuvent différer en nombre d'éléments chauffants 16 de plus ou moins cinq éléments chauffants 16. Ainsi, dans l'exemple fourni, chaque ensemble 514, 516, 518, 520 est ou représente approximativement un quadrant de l'agencement total d'éléments chauffants 16 disposés autour de l'axe longitudinal 528.
- [0099] Pour chaque élément chauffant à résistance électrique 16, une longueur de cet élément chauffant à résistance électrique 16 et un pas de l'hélicoïde géométrique au niveau d'une extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique 16 sont tels que l'extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique 16 est une distance X de l'hélicoïde géométrique au niveau de l'extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique, où la distance X est prise le long de la direction longitudinale. La distance X doit être suffisante pour tenir compte de la dilatation thermique. Selon une forme, la distance X est d'au moins 0,5 pouce (12,7 mm). Selon une forme, la distance X est inférieure ou égale à 40% du pas de l'hélicoïde géométrique au niveau de l'extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique. Selon une autre forme, la distance X est inférieure ou égale à 10% de la distance dans la direction longitudinale entre le dernier déflecteur hélicoïdal perforé 18 et le déflecteur hélicoïdal non perforé 23.
- [0100] Les extrémités distales de l'ensemble 520 d'éléments chauffants à résistance électrique 16 sont disposées plus loin le long du trajet d'écoulement hélicoïdal que les extrémités distales de l'ensemble 518, les extrémités distales de l'ensemble 518 sont disposées plus loin le long du trajet d'écoulement hélicoïdal que les extrémités distales de l'ensemble 516, et les extrémités distales de l'ensemble 516 sont disposées plus loin le long du trajet d'écoulement hélicoïdal que les extrémités distales de l'ensemble 514. En d'autres termes, l'ensemble 520 d'éléments chauffants à résistance électrique 16 s'étend plus loin dans la direction longitudinale 530 que l'ensemble 518, l'ensemble 518 s'étend plus loin dans la direction longitudinale 530 que l'ensemble 516, et l'ensemble 516 s'étend plus loin dans la direction longitudinale 530 que l'ensemble 514.
- [0101] Dans l'exemple fourni, le corps tubulaire 82 comprend une entrée/sortie 86 (représentée dans les figures 16, 17, 26 et 27) ouverte dans une partie intérieure du corps tubulaire 82 au niveau d'une première partie d'extrémité du corps tubulaire 82, et une entrée/sortie 88 ouverte dans la partie intérieure du corps tubulaire 82 au niveau

d'une deuxième partie d'extrémité du corps tubulaire qui est plus éloignée dans la direction longitudinale 530 que l'entrée/sortie 86. Les ensembles distincts 514, 516, 518, 520 d'éléments chauffants à résistance électrique 16 sont agencés de sorte que les ensembles 514, 516, 518, 520 s'étendent progressivement plus loin dans la direction longitudinale 530 avec une position accrue le long du trajet d'écoulement hélicoïdal défini par le guide d'écoulement 524 dans le corps tubulaire 82.

- [0102] Dans l'exemple fourni, l'ensemble 520 chevauche dans la direction longitudinale 530 l'entrée/sortie 88. Selon une forme, l'ensemble 514 d'éléments chauffants à résistance électrique 16 ne chevauche pas dans la direction longitudinale 530 l'entrée/sortie 88. Selon une forme, l'ensemble 516 d'éléments chauffants à résistance électrique 16 ne chevauche pas dans la direction longitudinale 530 l'entrée/sortie 88. Selon une forme, l'ensemble 518 d'éléments chauffants à résistance électrique 16 ne chevauche pas dans la direction longitudinale 530 l'entrée/sortie 88.
- [0103] Selon une forme alternative, non spécifiquement représentée, l'ensemble 520 peut se terminer avant l'entrée/sortie 88 de sorte que l'ensemble 520 ne chevauche pas dans la direction longitudinale 530 l'entrée/sortie 88.
- [0104] Dans l'exemple fourni, la région non perforée du guide d'écoulement 524 est positionnée de sorte qu'aucun des éléments chauffants à résistance électrique 16 ne se termine dans une région du chemin d'écoulement hélicoïdal qui est en rotation au-delà de l'entrée/sortie 88. En d'autres termes, aucun des éléments chauffants à résistance électrique 16 n'est situé dans la région basse pression, formée lorsque la majeure partie du flux de fluide sort du guide d'écoulement et s'écoule directement à travers l'entrée/sortie 88, qui est en rotation après l'entrée/sortie 88 et/ou plus loin dans la direction longitudinale 530 que l'entrée/sortie 88.
- [0105] Dans l'exemple fourni dans la [Fig.30], le guide d'écoulement 524 est un hélicoïde à droite de sorte que le fluide s'écoule dans le sens inverse des aiguilles d'une montre lorsqu'on regarde depuis la direction opposée comme étant la direction longitudinale 530 (c'est-à-dire vu depuis l'entrée/sortie 88 vers l'entrée/sortie 86), bien qu'un hélicoïde à gauche puisse être utilisé.
- [0106] Dans l'exemple fourni, le guide d'écoulement 524 a un pas de longueur similaire au diamètre de l'entrée/sortie 88. Ainsi, si l'un des éléments chauffants à résistance électrique 16 s'aligne dans la direction longitudinale 530 avec l'entrée/sortie 88, alors aucun des éléments chauffants à résistance électrique 16 ne se termine plus loin en rotation dans la direction d'écoulement qu'à 12 heures lorsqu'on regarde depuis la direction opposée comme étant la direction longitudinale 530 avec l'entrée/sortie 88 à 12 heures. Dans l'exemple fourni, l'ensemble 520 d'éléments chauffants à résistance électrique 16 se termine à environ 3 heures, bien que d'autres emplacements de rotation puissent être utilisés.

- [0107] En faisant référence continue à la [Fig.30] et référence supplémentaire à la [Fig.32], chaque élément chauffant 16 peut avoir la même longueur totale. Ainsi, les extrémités opposées 3210 des éléments chauffants 16 ne s'étendent pas toutes à la même distance de la bride de montage 12 dans la direction qui est opposée à la direction longitudinale 530. En d'autres termes, les extrémités opposées 3210 des éléments chauffants 16 peuvent être à différentes positions axiales les unes par rapport aux autres. Les positions axiales des extrémités opposées 3210 peuvent être corrélées aux positions axiales des extrémités 314. Dans une configuration alternative, les éléments chauffants 16 peuvent avoir des longueurs totales différentes de sorte que les extrémités opposées se terminent toutes à la même distance de la bride de montage 12, similaire à celle représentée dans la [Fig.1].
- [0108] Tandis que la [Fig.32] illustre les extrémités opposées 3210 de chaque élément chauffant droit 16 de la [Fig.31] étant à des positions différentes, la [Fig.33] illustre les extrémités opposées 3310 d'un appareil de chauffage d'une configuration alternative où il y a un premier groupe d'éléments chauffants 16_a et un deuxième groupe d'éléments chauffants 16_b, similaires à ceux représentés dans les figures 23 et 28 ou 29. Chaque élément chauffant 16 dans le premier groupe d'éléments chauffants 16_a a la même longueur totale que chaque élément chauffant 16 dans le deuxième groupe d'éléments chauffants 16_b mais les extrémités opposées 3310 sont situées à des positions axiales différentes par rapport à la bride de montage 12 correspondant aux positions axiales des courbures 44 ([Fig.6]) ou des extrémités 314 ([Fig.29]). Bien que deux groupes d'éléments chauffants 16 soient illustrés, plus de deux groupes peuvent être utilisés. Par exemple, les quatre groupes d'éléments chauffants 16 de la [Fig.30] peuvent facultativement avoir tous la même longueur totale de sorte que leurs extrémités opposées (non spécifiquement représentées) s'étendent à des distances différentes de la bride de montage (non spécifiquement représentée).
- [0109] Dans les constructions décrites ici avec une seule partie droite 42 (par exemple, figures 29 et 31) au lieu d'une courbure 44 (par exemple [Fig.1] et [Fig.30]), l'extrémité opposée 3210 de chaque élément chauffant 16 a une paire de conducteurs ou de broches-bornes 3410, 3414 (représentées dans la [Fig.34]) configuré(e)s pour recevoir une puissance électrique. Dans les constructions décrites ici comme ayant deux parties droites 42 par élément chauffant (par exemple, [Fig.1] et [Fig.30]), l'extrémité opposée 3310 de chaque partie droite 42 comprend un conducteur ou une broche-borne 3510, 3514 ([Fig.35]) configuré(e) pour recevoir une puissance électrique. En conséquence, dans les configurations où les extrémités opposées 3210, 3310 ne se terminent pas toutes à la même position axiale, les connexions à la puissance électrique via les broches-bornes 3410, 3414 ou 3510, 3514 dans une boîte de jonction telle que 2610 (représentée dans la [Fig.26]) ne sont pas toutes à la même

position axiale dans la boîte de jonction 2610.

- [0110] Dans une autre configuration, représentée dans la [Fig.31], les éléments chauffants à résistance électrique 16 sont droits et se terminent au niveau de leurs extrémités distales 314 de manière similaire à la [Fig.29] sauf que les éléments chauffants à résistance électrique 16 sont de longueurs telles que les extrémités distales 314 suivent étroitement la forme de la région non perforée du guide d'écoulement 524. En d'autres termes, la distance X est inférieure ou égale à 10% du pas de l'hélicoïde géométrique au niveau de l'extrémité distale 314 de tout élément chauffant à résistance électrique particulier 16.
- [0111] Selon une forme, les éléments chauffants à résistance électrique 16 peuvent tous avoir des longueurs différentes. Selon une autre forme, les éléments chauffants à résistance électrique 16 qui sont alignés le long d'une ligne de rayon (qui s'étend depuis l'axe longitudinal 528 radialement vers l'extérieur) peuvent avoir la même longueur pour former des ensembles discrets.
- [0112] Dans l'exemple fourni dans la [Fig.31], le guide d'écoulement 524 est un hélicoïde à gauche de sorte que le fluide s'écoule dans le sens des aiguilles d'une montre lorsqu'on regarde depuis la direction opposée comme étant la direction longitudinale 530 (c'est-à-dire vu depuis l'entrée/sortie 88 vers l'entrée/sortie 86), bien qu'un hélicoïde à droite puisse être utilisé.
- [0113] Dans l'exemple fourni, le guide d'écoulement 524 a un pas de longueur similaire au diamètre de l'entrée/sortie 88. Ainsi, si l'un des éléments chauffants à résistance électrique 16 s'aligne dans la direction longitudinale 530 avec l'entrée/sortie 88, alors aucun des éléments chauffants à résistance électrique 16 ne se termine plus loin en rotation dans la direction d'écoulement qu'à 12 heures lorsqu'on regarde depuis la direction opposée comme étant la direction longitudinale 530 avec l'entrée/sortie 88 à 12 heures. Dans l'exemple fourni, aucun des éléments chauffants à résistance électrique 16 ne se termine en rotation au-delà d'environ 9 heures, bien que d'autres emplacements en rotation puissent être utilisés.
- [0114] En se référant à la [Fig.11] et à la [Fig.12], l'ensemble de chauffage 10 peut en outre comprendre une pluralité de tiges de support 50 s'étendant à travers les rainures périphériques 36 des organes hélicoïdaux perforés 18 et de l'organe hélicoïdal non perforé 23 et parallèlement à l'axe longitudinal X de l'ensemble de chauffage 10. Les tiges de support 50 peuvent s'étendre vers l'extérieur (c'est-à-dire dans la direction radiale par rapport à l'axe longitudinal X) au-delà d'une périphérie des rainures périphériques 36 et peuvent être configurées en tant que tiges de glissement pour l'installation de l'ensemble de chauffage 10 dans une cavité cylindrique 84 du corps tubulaire 82 de l'échangeur de chaleur 80 ([Fig.16] et [Fig.17]). En d'autres termes, les tiges de support 50 peuvent réduire le contact de surface direct entre l'ensemble de chauffage

10 et la paroi interne du corps tubulaire 82 (figures 16 et 17) pour réduire la friction et, ainsi, la force nécessaire pour faire coulisser l'ensemble de chauffage 10 dans le corps tubulaire 82. En variante, les tiges de support 50 peuvent être configurées pour ne pas s'étendre au-delà d'une périphérie des rainures périphériques 36 et fonctionner simplement comme un support structurel pour l'ensemble de chauffage 10. Dans l'exemple fourni, les tiges de support 50 sont soudées aux organes hélicoïdaux perforés 18 et à l'organe hélicoïdal non perforé 23.

[0115] En se référant à nouveau à la [Fig.1], l'ensemble de chauffage 10 peut en outre comprendre une paire d'enveloppes 52 qui sont prévues au niveau de la partie d'extrémité proximale 20 et de la partie d'extrémité distale 21 pour entourer les organes hélicoïdaux perforés 18, l'organe hélicoïdal non perforé 23, les éléments chauffants 16, et les tiges de support 50. Au niveau de l'extrémité proximale, l'enveloppe 52 est de manière générale située entre une partie non chauffée 54 et une partie chauffée 56. Tandis que la [Fig.1] montre deux enveloppes 52, un nombre quelconque d'enveloppes 52, y compris un, peut être prévu pour entourer les organes hélicoïdaux perforés 18, les éléments chauffants 16 et les tiges de support 50. Lorsqu'une enveloppe 52 est prévue, l'enveloppe 52 peut être prévue au niveau de la partie d'extrémité distale 21 ou de l'extrémité proximale 20.

[0116] En se référant à la [Fig.13] et à la [Fig.14], les enveloppes 52 peuvent définir chacune un organe d'enveloppe cylindrique 51 et une pluralité de volets déformables 53 qui forment une jupe autour de l'organe d'enveloppe cylindrique 51. L'organe d'enveloppe cylindrique 51 peut envelopper une partie des organes hélicoïdaux perforés et/ou non perforés 18, 23. Dans l'exemple fourni, chaque organe d'enveloppe cylindrique 51 s'étend le long de l'axe longitudinal X sur une longueur qui est au moins un plein pas hélicoïdal des organes hélicoïdaux perforés ou non perforés 18, 23 correspondants qu'il entoure. Les volets déformables 53 sont de manière générale formés en découpant une partie rabattue radialement vers l'extérieur de l'enveloppe 52 de sorte que les volets 53 puissent s'étendre radialement vers l'extérieur depuis l'organe d'enveloppe cylindrique 51. Le contact avec la paroi interne du corps tubulaire 82 peut déformer élastiquement les volets 53 de sorte que les volets 53 soient sollicités en contact avec la paroi interne du corps tubulaire 82 pour empêcher l'écoulement de s'échapper entre le corps tubulaire 82 de l'échangeur de chaleur 80, atténuant ainsi le flux de contournement. Dans l'exemple fourni, les volets 53 de l'enveloppe distale 52 représentée dans la [Fig.13] peuvent être positionnés axialement près de l'extrémité distale de l'ensemble de chauffage 10, par exemple juste avant une sortie 88 du corps tubulaire 82 de l'échangeur de chaleur 80. Par exemple, les volets 53 de l'enveloppe distale 52 peuvent être positionnés approximativement au niveau d'une ligne pointillée 92 représentée dans la [Fig.17] avant la sortie 88 du corps tubulaire 82.

Dans l'exemple fourni, les volets 53 de l'enveloppe proximale 52 représentée dans la [Fig.14] peuvent être positionnés axialement près du début des organes hélicoïdaux perforés 18, par exemple après une entrée 86 du corps tubulaire 82. Par exemple, les volets 53 de l'enveloppe proximale 52 peuvent être positionnés approximativement au niveau d'une ligne pointillée 94 représentée dans la [Fig.17] après l'entrée 86 du corps tubulaire 82.

[0117] En se référant à la [Fig.15], la bride de montage proximale 12 est configurée pour fixer l'ensemble de chauffage 10 à un corps tubulaire 82 de l'échangeur de chaleur 80. La bride de montage proximale 12 comprend un corps de plaque 58, une pluralité d'ouvertures 60 et une pluralité de trous de boulon 62 à travers le corps de plaque 58. La pluralité d'ouvertures 60 sont alignées avec les perforations 30 de la série continue d'organes hélicoïdaux perforés 18 et sont configurées pour acheminer la pluralité d'éléments chauffants 16 à travers la bride de montage proximale 12. Bien que cela ne soit pas spécifiquement représenté, les éléments chauffants 16 peuvent être scellés aux ouvertures 60 de sorte que le fluide soit empêché de s'écouler à travers les ouvertures 60. La pluralité de trous de boulon 62 sont définis le long de la périphérie du corps de plaque 58. La bride de montage proximale 12 peut être montée sur le corps tubulaire 82 de l'échangeur de chaleur en insérant des boulons (non représentés) dans les trous de boulon 62 et à travers les trous de boulon dans une bride d'accouplement (par exemple, la bride d'accouplement 83 représentée dans la [Fig.26]) du corps tubulaire 82. Un joint d'étanchéité (non représenté) ou un autre matériau de scellement peut être utilisé pour former un joint étanche aux fluides entre la bride de montage 12 et la bride d'accouplement (par exemple, la bride 83 représentée dans la [Fig.26]). Dans une autre configuration, non représentée, la plaque d'extrémité ou la bride de montage 12 peut être fixée mécaniquement à la bride d'accouplement d'une manière différente, par exemple par soudage, verrous, pinces, etc.

[0118] La bride de montage proximale 12 peut en outre définir un évidement ou une rainure central(e) circulaire 64 configuré(e) pour aligner l'organe de support central 40. La rainure centrale 64 est coaxiale avec l'axe longitudinal X et une extrémité proximale de l'organe de support central 40 est configurée pour être reçue dans la rainure centrale 64. Dans l'exemple fourni, l'organe de support central 40 est soudé à la bride de montage proximale 12.

[0119] En se référant aux figures 16 et 17, l'échangeur de chaleur 80 configuré conformément aux enseignements de la présente divulgation comprend le corps tubulaire ou la calandre 82 définissant la cavité cylindrique 84, l'entrée 86, la sortie 88 et un ensemble de chauffage 90 disposé à l'intérieur du corps tubulaire 82. L'ensemble de chauffage 90 définit une partie d'extrémité proximale 20 et une partie d'extrémité distale 21. Une bride de montage proximale 12 est configurée pour fixer l'ensemble de

chauffage 90 au corps 82.

[0120] L'ensemble de chauffage 90 est structurellement similaire à celui de la [Fig.1] sauf que la série continue d'organes hélicoïdaux perforés 18 et l'organe hélicoïdal non perforé 23 sont reliés de manière à ce que l'hélicoïde défini par les organes hélicoïdaux perforés 18 et l'organe hélicoïdal non perforé 23 ait un pas variable. Par conséquent, des éléments similaires sont indiqués par des numéros de référence similaires et leur description détaillée est omise ici pour plus de clarté. Dans l'exemple fourni, la sortie 88 est une sortie radiale telle qu'elle est ouverte au trajet d'écoulement 22 dans la direction radiale. Dans une configuration alternative, non spécifiquement représentée, la sortie 88 peut être une sortie d'extrémité axiale qui est ouverte à travers une extrémité axiale 96 du corps 82.

[0121] Revenant à l'exemple fourni, l'hélicoïde défini par les organes hélicoïdaux perforés 18 et l'organe hélicoïdal non perforé 23 peut avoir un pas qui est le plus grand au niveau de la partie d'extrémité proximale 20 (près de l'entrée 86 de l'échangeur de chaleur 80) et le plus petit au niveau de la partie d'extrémité distale 21 (près de la sortie 88 de l'échangeur de chaleur 80). Selon une forme, le pas est un pas variable en continu, le pas diminuant progressivement de la partie d'extrémité proximale 20 à la partie d'extrémité distale 21. En variante, comme le montre la [Fig.17], l'ensemble de chauffage 90 peut définir une pluralité de zones le long de l'axe longitudinal X de l'ensemble de chauffage 90. Le pas peut être fixé dans une zone particulière, tandis que différentes zones peuvent avoir des pas différents. Par exemple, l'ensemble de chauffage 90 peut définir trois zones chauffantes avec un premier pas fixe P1 dans la première zone, un deuxième pas fixe P2 dans la deuxième zone et un troisième pas fixe P3 dans la troisième zone. Le deuxième pas fixe P2 est plus grand que le troisième pas fixe P3 et plus petit que le premier pas fixe P1. Le premier pas P1 est situé au niveau de la partie d'extrémité proximale 20. Le troisième pas P3 est situé au niveau de la partie d'extrémité distale 21. Le deuxième pas P2 est situé entre les premier et troisième pas P1, P3. Bien que trois zones soient illustrées, plus ou moins de zones peuvent être utilisées. Selon une forme, chaque organe hélicoïdal perforé 18, ou un groupe d'organes hélicoïdaux perforés 18, peut avoir un pas hélicoïdal constant sur sa longueur particulière, tandis que différents organes hélicoïdaux perforés 18, ou un groupe différent de ceux-ci, peut/peuvent avoir un pas différent pour former un hélicoïde géométrique à pas variable.

[0122] Dans une configuration alternative, non spécifiquement représentée, l'hélicoïde perforé peut être formé, non pas à partir d'organes individuels reliés ensemble, mais à partir d'un organe hélicoïdal continu unique s'étendant de l'extrémité proximale à l'extrémité distale de l'ensemble de chauffage. Par exemple, l'organe hélicoïdal unique peut être extrudé, formé en acheminant une tôle métallique de base en bande à travers

des matrices coniques opposées, ou imprimé en 3D.

[0123] En se référant à la [Fig.18], un diagramme montre une distribution de température des éléments chauffants 16 le long de l'axe longitudinal X pour une configuration particulière de l'ensemble de chauffage 10, 90. La température des parties des éléments chauffants 16 qui sont adjacentes à la partie d'extrémité proximale de l'ensemble de chauffage est d'environ 33,94°C dans l'exemple particulier. À mesure que le fluide de travail est guidé par le canal de guidage d'écoulement 22 des organes hélicoïdaux perforés 18 et s'écoule vers la partie d'extrémité distale de l'ensemble de chauffage 10, 90, la température augmente progressivement jusqu'à environ 534,92°C dans l'exemple fourni. Bien que l'exemple fourni dans la [Fig.18] illustre une distribution de température pour une température d'entrée particulière, une charge de puissance électrique aux éléments chauffants 16 et un débit massique du fluide, d'autres températures et distributions peuvent résulter de différentes conditions ou configurations. En général, un ensemble de chauffage construit conformément aux enseignements de la présente divulgation aura une température d'élément chauffant réduite sans zones mortes où le fluide de travail ne serait pas chauffé le long de son trajet d'écoulement.

[0124] En se référant à la [Fig.19], un graphique montre une relation entre la distance depuis la bride de montage proximale 12 et la température de l'élément chauffant 16. La bride de montage proximale 12 est disposée à proximité d'une entrée 86 de l'échangeur de chaleur 80. À mesure que le fluide de travail entre dans l'entrée 86 et s'écoule en s'éloignant de la bride de montage proximale 12, la température des surfaces externes des éléments chauffants 16 augmente régulièrement et progressivement, comme le montre la ligne 97. En revanche, les surfaces externes des éléments chauffants d'un échangeur de chaleur typique (non représenté) ont une température plus élevée qui par ailleurs augmente et diminue à mesure que le fluide s'écoule en s'éloignant de la bride proximale (c'est-à-dire, de l'entrée à la sortie), comme le montre la ligne 98. En conséquence, les enseignements de la présente divulgation fournissent un ensemble de chauffage et un échangeur de chaleur qui fournissent une augmentation de température linéaire régulière et plus faible des éléments chauffants sur une longueur de l'échangeur de chaleur.

[0125] L'ensemble de chauffage de la présente divulgation est applicable à tout dispositif de chauffage (par exemple, un dispositif de chauffage électrique) pour chauffer un fluide de travail. La série continue d'organes hélicoïdaux perforés 18 guident le fluide pour créer un motif d'écoulement transversal hélicoïdal uniforme. Le canal hélicoïdal 22 de l'ensemble de chauffage 10, 90 peut modifier et augmenter le trajet d'écoulement du fluide de travail sans augmenter la longueur de l'ensemble de chauffage 10, 90. Par conséquent, l'ensemble de chauffage 10, 90 peut améliorer le transfert de chaleur de l'ensemble de chauffage 10, 90 au fluide de travail. Grâce à l'augmentation de

l'efficacité du transfert de chaleur, la température de gaine des éléments chauffants 16 et la température de la calandre (par exemple, le corps tubulaire 82) de l'échangeur de chaleur peuvent être réduites, et l'encombrement physique de l'échangeur de chaleur peut être réduit.

- [0126] De plus, les organes hélicoïdaux perforés 18 peuvent être formés d'un matériau thermoconducteur. Étant donné que les organes hélicoïdaux perforés 18 peuvent être reliés aux éléments chauffants 16 (par exemple, via des soudures 46 représentées dans la [Fig.7]), ils peuvent être considérés comme une extension des éléments chauffants 16 pour fonctionner comme des surfaces chauffantes étendues ou des dissipateurs de chaleur ou des ailettes pour distribuer la chaleur au fluide de travail, augmentant ainsi le transfert de chaleur des éléments chauffants 16 au fluide de travail. L'organe de support central 40 peut prendre la forme d'un dispositif de chauffage électrique cylindrique pour fournir un chauffage supplémentaire au fluide de travail dans l'échangeur de chaleur électrique.
- [0127] En outre, l'ensemble de chauffage 10, 90 est plus rigide que celui dans un échangeur de chaleur conventionnel en raison de l'utilisation de la série continue d'organes hélicoïdaux perforés 18 et de l'utilisation de l'organe de support central 40. L'organe de support central 40 est relié à la bride de montage proximale 12 qui, à son tour, est reliée au corps de l'échangeur de chaleur. Cette structure continue améliore les caractéristiques vibratoires de l'échangeur de chaleur, augmentant ainsi la rigidité et les caractéristiques d'amortissement de l'ensemble de chauffage. Les tiges de support 50 peuvent en outre augmenter la rigidité et les caractéristiques d'amortissement.
- [0128] En faisant référence supplémentaire aux figures 20 à 25, un ensemble de chauffage 210, et aux figures 26 à 28, un échangeur de chaleur 80 avec l'ensemble de chauffage 210, sont illustrés. L'échangeur de chaleur 80 et l'ensemble de chauffage 210 sont similaires à l'échangeur de chaleur 80 et à l'ensemble de chauffage 10, 90, sauf représentation ou description contraire. Par conséquent, des éléments similaires sont indiqués par des numéros de référence similaires et leur description détaillée est omise ici pour plus de clarté.
- [0129] En référence aux figures 20 et 21, l'ensemble de chauffage 210 peut comprendre un premier organe de levage 214 et un deuxième organe de levage 218. Le premier organe de levage 214 est couplé de manière fixe à une périphérie de la bride de montage 12. Dans l'exemple fourni, le premier organe de levage 214 s'étend depuis le haut de la bride de montage 12 et définit une ouverture 222, à travers laquelle un crochet (non représenté) ou un autre dispositif de levage peut supporter l'extrémité proximale de l'ensemble de chauffage 210. Le deuxième organe de levage 218 est couplé de manière fixe à l'extrémité distale de l'organe de support central 40. Dans l'exemple fourni, le deuxième organe de levage 218 s'étend depuis le haut de l'organe de support central

40 et est aligné avec le premier organe de levage 214. Le deuxième organe de levage 218 définit une ouverture 226, à travers laquelle un crochet (non représenté) ou un autre dispositif de levage peut supporter l'extrémité distale de l'ensemble de chauffage 210. Dans l'exemple fourni, le deuxième organe de levage 218 est disposé dans la longueur axiale de l'organe hélicoïdal non perforé 23, bien que le deuxième organe de levage 218 puisse être au-delà de l'organe hélicoïdal non perforé 23. Les premier et deuxième organes de levage 214, 218 peuvent être utilisés pour soulever l'ensemble de chauffage 210 et positionner l'ensemble de chauffage 210 dans le corps tubulaire 82 de l'échangeur de chaleur 80.

[0130] L'ensemble de chauffage 210 peut en outre comprendre une enveloppe 230. L'enveloppe 230 s'enroule autour des organes hélicoïdaux perforés 18, des éléments chauffants 16 et des tiges de support 50. L'enveloppe 230 peut avoir une longueur axiale telle qu'elle s'étend sur toute la longueur de la partie chauffée de l'ensemble de chauffage 210 (par exemple, y compris les enveloppes 52 représentées dans la [Fig.1]), ou une longueur qui est inférieure à la partie chauffée entière. En faisant référence supplémentaire à la [Fig.22], l'enveloppe 230 peut comprendre une pluralité d'organes d'enveloppe cylindriques à paroi mince 234. Les organes d'enveloppe 234 peuvent empêcher le flux de contournement entre les organes hélicoïdaux perforés 18 et le corps tubulaire 82. Les organes d'enveloppe 234 peuvent également être formés à partir de ou revêtus d'un matériau réfléchissant la chaleur pour former un écran thermique qui réfléchit la chaleur radialement vers l'intérieur en direction de l'axe longitudinal X. Un tel écran thermique peut diminuer davantage la perte de chaleur vers le corps 82 et diminuer la température du corps 82. Les organes d'enveloppe cylindriques adjacents 234 peuvent venir en butée les uns contre les autres le long de l'axe longitudinal X. Selon une forme, l'un des organes d'enveloppe cylindriques 234 de l'enveloppe 230 peut facultativement comprendre les volets déformables 53 ([Fig.13] et [Fig.14]) de sorte que l'enveloppe 230 puisse également fonctionner de manière similaire aux enveloppes 52 ([Fig.1], [Fig.13] et [Fig.14]).

[0131] Dans l'exemple fourni, les tiges de support 50 ont une forme globalement rectangulaire en coupe transversale et une surface externe 238 de chaque tige de support 50 affleure le périmètre externe des organes hélicoïdaux perforés et non perforés 18, 23. Selon une forme, la surface externe 238 de chaque tige de support 50 peut avoir une courbure qui correspond à la courbure du périmètre externe des organes hélicoïdaux perforés et non perforés 18, 23. L'enveloppe 230 est fixée aux tiges de support 50. Dans l'exemple fourni, les tiges de support 50 comprennent une pluralité d'alésages 242 et chaque organe d'enveloppe cylindrique 234 comprend une pluralité d'alésages 246 qui sont alignés avec les alésages 242 des tiges de support 50. Des attaches 250 (par exemple, rivets, vis, etc.) ou des soudures en bouchon sont reçues à

travers les alésages 242, 246 et fixent les organes d'enveloppe cylindriques 234 aux tiges de support 50.

[0132] En faisant référence supplémentaire à la [Fig.23], l'ensemble de chauffage 210 peut en outre comprendre une plaque d'alignement 254. La plaque d'alignement 254 est un disque circulaire plat qui comprend une pluralité d'ouvertures 256 et de rainures périphériques 260. Les ouvertures 256 ont la même taille que les perforations 30 des organes hélicoïdaux perforés 18 et s'alignent avec celles-ci. Les rainures périphériques 260 ont la même taille que les rainures périphériques 36 et s'alignent avec celles-ci. Les tiges de support 50 sont reçues dans les rainures périphériques 260 similaires aux rainures périphériques 36. Dans l'exemple fourni, la plaque d'alignement 254 définit un trou central claveté 262 ayant un diamètre similaire au diamètre de l'organe de support central 40 et une clavette 264 qui s'étend radialement vers l'intérieur. Dans l'exemple fourni, l'organe de support central 40 comprend une rainure de clavette 266 qui est ouverte dans l'extrémité distale de l'organe de support central 40. La rainure de clavette 266 s'étend à travers la paroi de l'organe de support central 40 et s'étend longitudinalement parallèlement à l'axe longitudinal X. La rainure de clavette 266 a une largeur dans la direction circonférentielle de l'organe de support central 40 qui correspond à la largeur de la clavette 264. L'organe de support central 40 est reçu à travers le trou central 262 et la clavette 264 est reçue dans la rainure de clavette 266 pour empêcher la rotation de la plaque d'alignement 254 par rapport à l'organe de support central 40. Selon une forme, le trou central 262 peut comprendre plus d'une clavette 264, espacées circonférentiellement autour du trou central 262 et l'organe de support central 40 peut comprendre un nombre correspondant de rainures de clavette 266.

[0133] En faisant référence continue à la [Fig.23], l'ensemble de chauffage 210 peut en outre comprendre un ou plusieurs capteurs (par exemple, le capteur 300). Dans l'exemple fourni, le capteur 300 est un thermocouple ou un autre capteur de température, bien que d'autres types de capteurs puissent être utilisés. Le capteur 300 comprend une extrémité de sonde 306 qui est disposée dans le canal de guidage d'écoulement 22. Dans l'exemple fourni, l'extrémité de sonde 306 est disposée à proximité de la sortie 88 (figures 26 et 28) et fixée (par exemple, soudée ou serrée) à l'un des éléments chauffants 16. L'extrémité de sonde 306 peut être configurée pour détecter une température de l'élément chauffant 16 auquel elle est fixée. De même, des capteurs supplémentaires (non représentés) peuvent être fixés à d'autres éléments chauffants 16 pour détecter leurs températures. Dans une configuration alternative, non représentée, l'extrémité de sonde 306 peut être séparée des éléments chauffants 16 et configurée pour détecter la température du fluide de travail au niveau de l'extrémité de sonde 306.

- [0134] Le capteur 300 s'étend longitudinalement depuis l'extrémité de sonde 306 de manière générale le long de l'axe longitudinal X sur le côté externe de l'organe de support central 40 vers l'extrémité distale de l'organe de support central 40. Dans l'exemple fourni, l'extrémité distale de l'organe de support central 40 comprend une fente de capteur 308 à travers la paroi externe de l'organe de support central 40 et séparée de la rainure de clavette 266. Le capteur 300 a des courbures pour s'étendre à travers la fente de capteur 308 et dans la cavité intérieure de l'organe de support central 40. Le capteur 300 s'étend ensuite dans l'organe de support central 40 vers l'extrémité proximale de l'organe de support central 40. En faisant référence supplémentaire à la [Fig.25], le capteur 300 s'étend à travers un alésage 318 dans la bride de montage 12. L'alésage 318 est scellé autour du capteur 300 pour empêcher l'écoulement de fluide à travers l'alésage 318. L'alésage 318 est radialement vers l'intérieur de la rainure 64. De cette manière, les connexions électroniques pour le capteur 300 peuvent se trouver sur le côté arrière de la bride de montage 12, ainsi que les connexions électriques des éléments chauffants 16 lorsque des éléments chauffants électriques sont utilisés.
- [0135] Dans une configuration alternative, non représentée, un ensemble aligné de perforations 30 peut ne pas avoir un élément chauffant 16 et le capteur de température 300 peut s'étendre à travers cet ensemble de perforations 30 et l'ouverture de bride correspondante 60. Dans une telle construction, la sonde peut être disposée à n'importe quel emplacement souhaité le long de l'axe longitudinal X. Dans une configuration alternative, un ou plusieurs éléments chauffants 16 peuvent être utilisés comme capteur virtuel pour détecter la température.
- [0136] En faisant référence supplémentaire aux figures 24 et 25, une ouverture de ventilation 410 peut permettre une petite quantité de communication fluidique entre l'extérieur et l'intérieur de l'extrémité proximale de l'organe de support central 40. Dans l'exemple fourni, l'organe de support central a une fente à travers l'extrémité proximale qui coopère avec la bride de montage 12 pour définir l'ouverture de ventilation 410 lorsque l'organe de support central 40 est reçu dans la rainure 64 de la bride de montage 12. Contrairement à la rainure 64 de la [Fig.15], la rainure 64 de la [Fig.25] est un cercle incomplet (c'est-à-dire qu'il ne s'étend pas sur une circonférence complète autour de l'axe longitudinal X). Au lieu de cela, la rainure 64 a un début 414 et une extrémité 418 qui s'alignent avec la fente dans l'extrémité proximale de l'organe de support central 40. Dans l'exemple fourni, la rainure 64 a un fond plat qui vient en butée contre une surface de fond plat de l'organe de support central 40. Le début 414 et l'extrémité 418 forment également une clavette qui assure un bon alignement en rotation de l'organe de support central 40. Dans l'exemple fourni, les clavettes entre l'organe de support central 40 et la bride de montage 12 et la plaque

d'alignement 254 coopèrent pour positionner l'hélicoïde continu dans la position en rotation correcte de sorte que les perforations 30 s'alignent avec les ouvertures 60 et 256. Dans l'exemple fourni, les clavettes au niveau des deux extrémités de l'organe de support central 40 sont alignées le long de la même ligne qui est parallèle à l'axe longitudinal X, bien que d'autres configurations puissent être utilisées. Dans l'exemple fourni, la rainure 64 s'étend également sur une petite distance radialement vers l'extérieur au début 414 et à l'extrémité 418 de la rainure 64. Dans l'exemple fourni, l'organe de support central 40 est soudé à la bride de montage 12 depuis le début 414 à l'extrémité 418 de la rainure 64. En d'autres termes, l'organe de support central 40 est soudé autour de sa circonférence à l'exception de la région circonférentielle où la fente définit l'ouverture de ventilation 410. L'ouverture de ventilation 410 peut être alignée avec le haut de la bride de montage 12. Selon une autre forme, l'ouverture de ventilation 410 peut être un trou entièrement défini par l'organe de support central 40 près de l'extrémité proximale.

[0137] En faisant référence spécifique à la [Fig.27], le bord 28 du premier organe hélicoïdal perforé 18 (c'est-à-dire près de l'extrémité proximale) peut être disposé le long de l'axe longitudinal X au niveau de ou avant l'entrée 86 de sorte que l'écoulement depuis l'entrée entre dans le trajet d'écoulement 22. En faisant référence spécifique à la [Fig.28], le bord opposé 26 du dernier organe hélicoïdal perforé 18 (c'est-à-dire près de l'extrémité distale) peut être disposé le long de l'axe longitudinal X au niveau de ou avant la sortie 88. Dans l'exemple fourni, les plus longs des éléments chauffants 16 s'étendent le long de l'axe longitudinal X jusqu'à une position qui se trouve partiellement dans la région alignée avec la sortie 88, bien que d'autres configurations puissent être utilisées. Dans l'exemple fourni, le dernier organe d'enveloppe cylindrique 234 peut s'étendre le long de l'axe longitudinal X pour chevaucher axialement les extrémités des plus longs des éléments chauffants 16, pour forcer le fluide à s'écouler depuis les derniers éléments chauffants 16 vers l'organe hélicoïdal non perforé 23 avant de sortir de la sortie 88, bien que d'autres configurations puissent être utilisées.

[0138] En faisant référence supplémentaire à la [Fig.29], une partie d'un ensemble de chauffage 310 d'une troisième construction est illustrée. L'ensemble de chauffage 310 est similaire à l'ensemble de chauffage 10, 90, 210, sauf représentation ou description contraire. Par conséquent, des éléments similaires sont indiqués par des numéros de référence similaires et leur description détaillée est omise ici pour plus de clarté. Dans l'exemple fourni, les éléments chauffants 16 sont des éléments droits qui se terminent au niveau d'une extrémité fermée 314. En d'autres termes, les parties droites 42 ne sont pas reliées par des parties courbées. Dans l'exemple fourni, les éléments chauffants 16 sont des éléments chauffants à résistance électrique tels que des

cartouches chauffantes dont tous les conducteurs (non représentés) s'étendent depuis la même partie droite 42 sur le côté opposé de la bride de montage 12 (représentée dans la [Fig.26]).

- [0139] Il convient de noter que la divulgation n'est pas limitée au mode de réalisation décrit et illustré à titre d'exemples. Une grande variété de modifications a été décrite et d'autres font partie des connaissances de l'homme du métier. Ces modifications et d'autres ainsi que tout remplacement par des équivalents techniques peuvent être ajoutés à la description et aux figures, sans sortir du cadre de la protection de la divulgation et du présent brevet.
- [0140] Des ensembles de chauffage sont également divulgués ici selon une ou plusieurs des clauses ci-dessous.
- [0141] Clause 1 : Ensemble de chauffage comprenant :
- un guide d'écoulement définissant un hélicoïde géométrique continu disposé autour d'un axe longitudinal de l'ensemble de chauffage, le guide d'écoulement définissant un motif prédéterminé de perforations qui s'étendent dans une direction longitudinale sur une première longueur longitudinale de l'hélicoïde géométrique, la direction longitudinale étant parallèle à l'axe longitudinal, la première longueur longitudinale étant inférieure à une longueur longitudinale totale de l'hélicoïde géométrique ; et
 - une pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique s'étendant à travers les perforations,
- dans lequel, pour chaque élément chauffant à résistance électrique de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique, une longueur de cet élément chauffant à résistance électrique et un pas de l'hélicoïde géométrique au niveau d'une extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique sont tels que l'extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique est à une distance X de l'hélicoïde géométrique au niveau de l'extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique, où la distance X est prise le long de la direction longitudinale et est inférieure ou égale à 40% du pas de l'hélicoïde géométrique au niveau de l'extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique.
- [0142] Clause 2 : Ensemble de chauffage selon la clause 1, dans lequel la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique comprennent une pluralité d'ensembles distincts d'éléments chauffants à résistance électrique, chaque ensemble distinct s'étendant le long de la direction longitudinale sur une longueur différente de chaque autre ensemble distinct d'éléments chauffants à résistance électrique.
- [0143] Clause 3 : Ensemble de chauffage selon la clause 2, dans lequel la pluralité d'ensembles distincts d'éléments chauffants à résistance électrique comprennent un premier ensemble d'éléments chauffants à résistance électrique, un deuxième ensemble d'éléments chauffants à résistance électrique, un troisième ensemble d'éléments

chauffants à résistance électrique, et un quatrième ensemble d'éléments chauffants à résistance électrique, où les premier, deuxième, troisième et quatrième ensembles d'éléments chauffants à résistance électrique sont chacun situés dans un quadrant respectif autour de l'axe longitudinal.

- [0144] Clause 4 : Ensemble de chauffage selon la clause 3, dans lequel les premier, deuxième, troisième et quatrième ensembles d'éléments chauffants à résistance électrique ont chacun le même ou approximativement le même nombre d'éléments chauffants.
- [0145] Clause 5 : Ensemble de chauffage selon la clause 3, dans lequel le quatrième ensemble d'éléments chauffants à résistance électrique s'étend plus loin dans la direction longitudinale que le troisième ensemble d'éléments chauffants à résistance électrique, où le troisième ensemble d'éléments chauffants à résistance électrique s'étend plus loin dans la direction longitudinale que le deuxième ensemble d'éléments chauffants à résistance électrique, où le deuxième ensemble d'éléments chauffants à résistance électrique s'étend plus loin dans la direction longitudinale que le premier ensemble d'éléments chauffants à résistance électrique.
- [0146] Clause 6 : Ensemble de chauffage selon la clause 5 comprenant en outre :
 - un corps tubulaire comprenant une première entrée/sortie ouverte dans une partie intérieure du corps tubulaire au niveau d'une première partie d'extrémité du corps tubulaire, et une deuxième entrée/sortie ouverte dans la partie intérieure du corps tubulaire au niveau d'une deuxième partie d'extrémité du corps tubulaire, dans lequel le guide d'écoulement est disposé dans le corps tubulaire, et dans lequel le quatrième ensemble d'éléments chauffants à résistance électrique chevauche dans la direction longitudinale la deuxième entrée/sortie et le premier ensemble d'éléments chauffants à résistance électrique ne chevauche pas dans la direction longitudinale la deuxième entrée/sortie.
- [0147] Clause 7 : Ensemble de chauffage selon la clause 6, dans lequel le deuxième ensemble d'éléments chauffants à résistance électrique ne chevauche pas dans la direction longitudinale la deuxième entrée/sortie.
- [0148] Clause 8 : Ensemble de chauffage selon la clause 7, dans lequel le troisième ensemble d'éléments chauffants à résistance électrique ne chevauche pas dans la direction longitudinale la deuxième entrée/sortie.
- [0149] Clause 9 : Ensemble de chauffage selon la clause 2 comprenant en outre :
 - un corps tubulaire comprenant une première entrée/sortie ouverte dans une partie intérieure du corps tubulaire au niveau d'une première partie d'extrémité du corps tubulaire, et une deuxième entrée/sortie ouverte dans la partie intérieure du corps tubulaire au niveau d'une deuxième partie d'extrémité du corps tubulaire, dans lequel le guide d'écoulement est disposé dans le corps tubulaire de sorte que

l'hélicoïde géométrique et le corps tubulaire définissent un trajet d'écoulement hélicoïdal entre la première entrée/sortie et la deuxième entrée/sortie, et dans lequel la pluralité d'ensembles distincts d'éléments chauffants à résistance électrique sont agencés de sorte que les ensembles distincts s'étendent progressivement plus loin dans la direction longitudinale avec une position accrue le long du trajet d'écoulement hélicoïdal.

- [0150] Clause 10 : Ensemble de chauffage selon la clause 1, dans lequel chaque élément chauffant à résistance électrique de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique comprend un fil de résistance, un matériau isolant et une gaine, la gaine entourant le fil de résistance, le matériau isolant étant disposé entre le fil de résistance et la gaine et isolant électriquement le fil de résistance de la gaine, où la gaine comprend une première partie droite, une deuxième partie droite et une courbure reliant une extrémité distale de la première partie droite à une extrémité distale de la deuxième partie droite.
- [0151] Clause 11 : Ensemble de chauffage selon la clause 1, dans lequel chaque élément chauffant à résistance électrique de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique comprend un fil de résistance, un matériau isolant et une gaine, la gaine entourant le fil de résistance, le matériau isolant étant disposé entre le fil de résistance et la gaine et isolant électriquement le fil de résistance de la gaine, où la gaine comprend une partie droite qui se termine au niveau de l'extrémité distale de l'élément chauffant à résistance électrique.
- [0152] Clause 12 : Ensemble de chauffage selon la clause 1, dans lequel la distance X est inférieure ou égale à 10% du pas de l'hélicoïde géométrique au niveau de l'extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique.
- [0153] Clause 13 : Ensemble de chauffage selon la clause 1 comprenant en outre :
- un corps tubulaire comprenant une première entrée/sortie ouverte dans une partie intérieure du corps tubulaire au niveau d'une première partie d'extrémité du corps tubulaire, et une deuxième entrée/sortie ouverte dans la partie intérieure du corps tubulaire au niveau d'une deuxième partie d'extrémité du corps tubulaire, dans lequel le guide d'écoulement est disposé dans le corps tubulaire de sorte que l'hélicoïde géométrique et le corps tubulaire définissent un chemin hélicoïdal entre la première entrée/sortie et la deuxième entrée/sortie, la deuxième entrée/sortie étant plus loin dans la direction longitudinale que la première entrée/sortie, et dans lequel aucun des éléments chauffants à résistance électrique de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique ne se termine dans une région du chemin hélicoïdal qui est en rotation au-delà de la deuxième entrée/sortie.
- [0154] Clause 14 : Ensemble de chauffage comprenant :
- un guide d'écoulement définissant un hélicoïde géométrique continu disposé autour

d'un axe longitudinal de l'ensemble de chauffage, le guide d'écoulement définissant un motif prédéterminé de perforations qui s'étendent dans une direction longitudinale sur une première longueur longitudinale de l'hélicoïde géométrique, la direction longitudinale étant parallèle à l'axe longitudinal, la première longueur longitudinale étant inférieure à une longueur longitudinale totale de l'hélicoïde géométrique ; et

- une pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique s'étendant à travers les perforations,

dans lequel, pour chaque élément chauffant à résistance électrique de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique, une longueur de cet élément chauffant à résistance électrique et un pas de l'hélicoïde géométrique au niveau d'une extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique sont tels que l'extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique est à une distance X de l'hélicoïde géométrique au niveau de l'extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique, où la distance X est prise le long de la direction longitudinale et est inférieure ou égale à 40% du pas de l'hélicoïde géométrique au niveau de l'extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique,

dans lequel la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique comprennent une pluralité d'ensembles distincts d'éléments chauffants à résistance électrique, chaque ensemble distinct s'étendant le long de la direction longitudinale sur une longueur différente de chaque autre ensemble distinct d'éléments chauffants à résistance électrique,

dans lequel l'hélicoïde géométrique définit un chemin hélicoïdal et la pluralité d'ensembles distincts d'éléments chauffants à résistance électrique sont agencés de sorte que les ensembles distincts s'étendent progressivement plus loin dans la direction longitudinale avec une position accrue le long du chemin hélicoïdal.

[0155] Clause 15 : Ensemble de chauffage selon la clause 14, dans lequel chaque élément chauffant à résistance électrique de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique comprend un fil de résistance, un matériau isolant et une gaine, la gaine entourant le fil de résistance, le matériau isolant étant disposé entre le fil de résistance et la gaine et isolant électriquement le fil de résistance de la gaine, où la gaine comprend une première partie droite, une deuxième partie droite et une courbure reliant une extrémité distale de la première partie droite à une extrémité distale de la deuxième partie droite.

[0156] Clause 16 : Ensemble de chauffage selon la clause 14, dans lequel chaque élément chauffant à résistance électrique de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique comprend un fil de résistance, un matériau isolant et une gaine, la gaine entourant le fil de résistance, le matériau isolant étant disposé entre le fil de résistance et la gaine et isolant électriquement le fil de résistance de la gaine, où la gaine

comprend une partie droite qui se termine au niveau de l'extrémité distale de l'élément chauffant à résistance électrique.

[0157] Clause 17 : Ensemble de chauffage selon la clause 14 comprenant en outre :

- un corps tubulaire comprenant une première entrée/sortie ouverte dans une partie intérieure du corps tubulaire au niveau d'une première partie d'extrémité du corps tubulaire, et une deuxième entrée/sortie ouverte dans la partie intérieure du corps tubulaire au niveau d'une deuxième partie d'extrémité du corps tubulaire,

dans lequel le guide d'écoulement est disposé dans le corps tubulaire, la deuxième entrée/sortie étant plus loin dans la direction longitudinale que la première entrée/sortie, et

dans lequel aucun des éléments chauffants à résistance électrique de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique ne se termine dans une région du chemin hélicoïdal qui est en rotation au-delà de la deuxième entrée/sortie.

[0158] Clause 18 : Ensemble de chauffage comprenant :

- un guide d'écoulement définissant un hélicoïde géométrique continu disposé autour d'un axe longitudinal de l'ensemble de chauffage, le guide d'écoulement définissant un motif prédéterminé de perforations qui s'étendent dans une direction longitudinale sur une première longueur longitudinale de l'hélicoïde géométrique, la direction longitudinale étant parallèle à l'axe longitudinal, la première longueur longitudinale étant inférieure à une longueur longitudinale totale de l'hélicoïde géométrique ;

- une pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique s'étendant à travers les perforations ; et

- un corps tubulaire comprenant une première entrée/sortie ouverte dans une partie intérieure du corps tubulaire au niveau d'une première partie d'extrémité du corps tubulaire, et une deuxième entrée/sortie ouverte dans la partie intérieure du corps tubulaire au niveau d'une deuxième partie d'extrémité du corps tubulaire, la deuxième entrée/sortie étant plus loin dans la direction longitudinale que la première entrée/sortie,

dans lequel, pour chaque élément chauffant à résistance électrique de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique, une longueur de cet élément chauffant à résistance électrique et un pas de l'hélicoïde géométrique au niveau d'une extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique sont tels que l'extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique est à une distance X de l'hélicoïde géométrique au niveau de l'extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique, où la distance X est prise le long de la direction longitudinale et est inférieure ou égale à 10% du pas de l'hélicoïde géométrique au niveau de l'extrémité distale de cet élément chauffant à résistance électrique,

dans lequel le guide d'écoulement est disposé dans le corps tubulaire de sorte que

l'hélicoïde géométrique et le corps tubulaire définissent un chemin hélicoïdal, et dans lequel aucun des éléments chauffants à résistance électrique de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique ne se termine dans une région du chemin hélicoïdal qui est en rotation au-delà de la deuxième entrée/sortie.

- [0159] Clause 19 : Ensemble de chauffage selon la clause 18, dans lequel chaque élément chauffant à résistance électrique de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique comprend un fil de résistance, un matériau isolant et une gaine, la gaine entourant le fil de résistance, le matériau isolant étant disposé entre le fil de résistance et la gaine et isolant électriquement le fil de résistance de la gaine, où la gaine comprend une première partie droite, une deuxième partie droite et une courbure reliant une extrémité distale de la première partie droite à une extrémité distale de la deuxième partie droite.
- [0160] Clause 20 : Ensemble de chauffage selon la clause 18, dans lequel chaque élément chauffant à résistance électrique de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique comprend un fil de résistance, un matériau isolant et une gaine, la gaine entourant le fil de résistance, le matériau isolant étant disposé entre le fil de résistance et la gaine et isolant électriquement le fil de résistance de la gaine, où la gaine comprend une partie droite qui se termine au niveau de l'extrémité distale de l'élément chauffant à résistance électrique.

Revendications

[Revendication 1]

Ensemble de chauffage (510) comprenant :

- un guide d'écoulement (524) définissant un hélicoïde géométrique continu disposé autour d'un axe longitudinal (528) de l'ensemble de chauffage (510), le guide d'écoulement (524) définissant un motif prédéterminé de perforations (30) qui s'étendent dans une direction longitudinale (530) sur une première longueur longitudinale de l'hélicoïde géométrique, la direction longitudinale (530) étant parallèle à l'axe longitudinal (528), la première longueur longitudinale étant inférieure à une longueur longitudinale totale de l'hélicoïde géométrique ; et
- une pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique (16) s'étendant à travers les perforations (30),

dans lequel, pour chaque élément chauffant à résistance électrique (16) de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique (16), une longueur de cet élément chauffant à résistance électrique et un pas de l'hélicoïde géométrique au niveau d'une extrémité distale (44, 314) de cet élément chauffant à résistance électrique (16) sont tels que l'extrémité distale (44, 314) de cet élément chauffant à résistance électrique (16) est à une distance X de l'hélicoïde géométrique au niveau de l'extrémité distale (44, 314) de cet élément chauffant à résistance électrique (16), où la distance X est prise le long de la direction longitudinale (530) et est inférieure ou égale à 40% du pas de l'hélicoïde géométrique au niveau de l'extrémité distale (44, 314) de cet élément chauffant à résistance électrique (16).

[Revendication 2]

Ensemble de chauffage (510) selon la revendication 1, dans lequel la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique (16) comprennent une pluralité d'ensembles distincts (514, 516, 518, 520) d'éléments chauffants à résistance électrique (16), chaque ensemble distinct (514, 516, 518, 520) s'étendant le long de la direction longitudinale (530) sur une longueur différente de chaque autre ensemble distinct (514, 516, 518, 520) d'éléments chauffants à résistance électrique (16).

[Revendication 3]

Ensemble de chauffage selon la revendication 2, dans lequel la pluralité d'ensembles distincts (514, 516, 518, 520) d'éléments chauffants à résistance électrique (16) comprennent un premier ensemble (514) d'éléments chauffants à résistance électrique (16), un deuxième ensemble (516) d'éléments chauffants à résistance électrique (16), un troisième ensemble (518) d'éléments chauffants à résistance électrique

(16), et un quatrième ensemble (520) d'éléments chauffants à résistance électrique (16), où les premier, deuxième, troisième et quatrième ensembles (514, 516, 518, 520) d'éléments chauffants à résistance électrique (16) sont chacun situés dans un quadrant respectif autour de l'axe longitudinal (528).

[Revendication 4] Ensemble de chauffage (510) selon la revendication 3, dans lequel les premier, deuxième, troisième et quatrième ensembles (514, 516, 518, 520) d'éléments chauffants à résistance électrique (16) ont chacun le même ou approximativement le même nombre d'éléments chauffants (16).

[Revendication 5] Ensemble de chauffage selon la revendication 3, dans lequel le quatrième ensemble (520) d'éléments chauffants à résistance électrique (16) s'étend plus loin dans la direction longitudinale (530) que le troisième ensemble (518) d'éléments chauffants à résistance électrique (16), où le troisième ensemble (518) d'éléments chauffants à résistance électrique (16) s'étend plus loin dans la direction longitudinale (530) que le deuxième ensemble (516) d'éléments chauffants à résistance électrique (16), où le deuxième ensemble (516) d'éléments chauffants à résistance électrique (16) s'étend plus loin dans la direction longitudinale (530) que le premier ensemble (514) d'éléments chauffants à résistance électrique (16).

[Revendication 6] Ensemble de chauffage (510) selon la revendication 5 comprenant en outre :

un corps tubulaire (82) comprenant une première entrée/sortie (86) ouverte dans une partie intérieure du corps tubulaire (82) au niveau d'une première partie d'extrémité (20) du corps tubulaire (82), et une deuxième entrée/sortie (88) ouverte dans la partie intérieure du corps tubulaire (82) au niveau d'une deuxième partie d'extrémité (21) du corps tubulaire (82),

dans lequel le guide d'écoulement (524) est disposé dans le corps tubulaire (82), et

dans lequel le quatrième ensemble (520) d'éléments chauffants à résistance électrique (16) chevauche dans la direction longitudinale (530) la deuxième entrée/sortie (88) et le premier ensemble (514) d'éléments chauffants à résistance électrique (16) ne chevauche pas dans la direction longitudinale (530) la deuxième entrée/sortie (88).

[Revendication 7] Ensemble de chauffage (510) selon la revendication 6, dans lequel le deuxième ensemble (516) d'éléments chauffants à résistance électrique

- (16) ne chevauche pas dans la direction longitudinale (530) la deuxième entrée/sortie (88).
- [Revendication 8] Ensemble de chauffage (510) selon la revendication 7, dans lequel le troisième ensemble (518) d'éléments chauffants à résistance électrique (16) ne chevauche pas dans la direction longitudinale (530) la deuxième entrée/sortie (88).
- [Revendication 9] Ensemble de chauffage (510) selon l'une quelconque des revendications 2 à 8 comprenant en outre :
- un corps tubulaire (82) comprenant une première entrée/sortie (86) ouverte dans une partie intérieure du corps tubulaire (82) au niveau d'une première partie d'extrémité (20) du corps tubulaire (82), et une deuxième entrée/sortie (88) ouverte dans la partie intérieure du corps tubulaire (82) au niveau d'une deuxième partie d'extrémité (21) du corps tubulaire (82),
- dans lequel le guide d'écoulement (524) est disposé dans le corps tubulaire (82) de sorte que l'hélicoïde géométrique et le corps tubulaire (82) définissent un trajet d'écoulement hélicoïdal entre la première entrée/sortie (86) et la deuxième entrée/sortie (88), et
- dans lequel la pluralité d'ensembles distincts (514, 516, 518, 520) d'éléments chauffants à résistance électrique (16) sont agencés de sorte que les ensembles distincts (514, 516, 518, 520) s'étendent progressivement plus loin dans la direction longitudinale (530) avec une position accrue le long du trajet d'écoulement hélicoïdal.
- [Revendication 10] Ensemble de chauffage (510) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel chaque élément chauffant à résistance électrique (16) de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique (16) comprend un fil de résistance, un matériau isolant et une gaine, la gaine entourant le fil de résistance, le matériau isolant étant disposé entre le fil de résistance et la gaine et isolant électriquement le fil de résistance de la gaine, où la gaine comprend une première partie droite (42), une deuxième partie droite (42) et une courbure (44) reliant une extrémité distale de la première partie droite (42) à une extrémité distale de la deuxième partie droite (42).
- [Revendication 11] Ensemble de chauffage (510) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel chaque élément chauffant à résistance électrique (16) de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique (16) comprend un fil de résistance, un matériau isolant et une gaine, la gaine entourant le fil de résistance, le matériau isolant étant disposé entre le fil

de résistance et la gaine et isolant électriquement le fil de résistance de la gaine, où la gaine comprend une partie droite (42) qui se termine au niveau de l'extrémité distale (314) de l'élément chauffant à résistance électrique (16).

[Revendication 12] Ensemble de chauffage (510) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel la distance X est inférieure ou égale à 10% du pas de l'hélicoïde géométrique au niveau de l'extrémité distale (44, 314) de cet élément chauffant à résistance électrique (16).

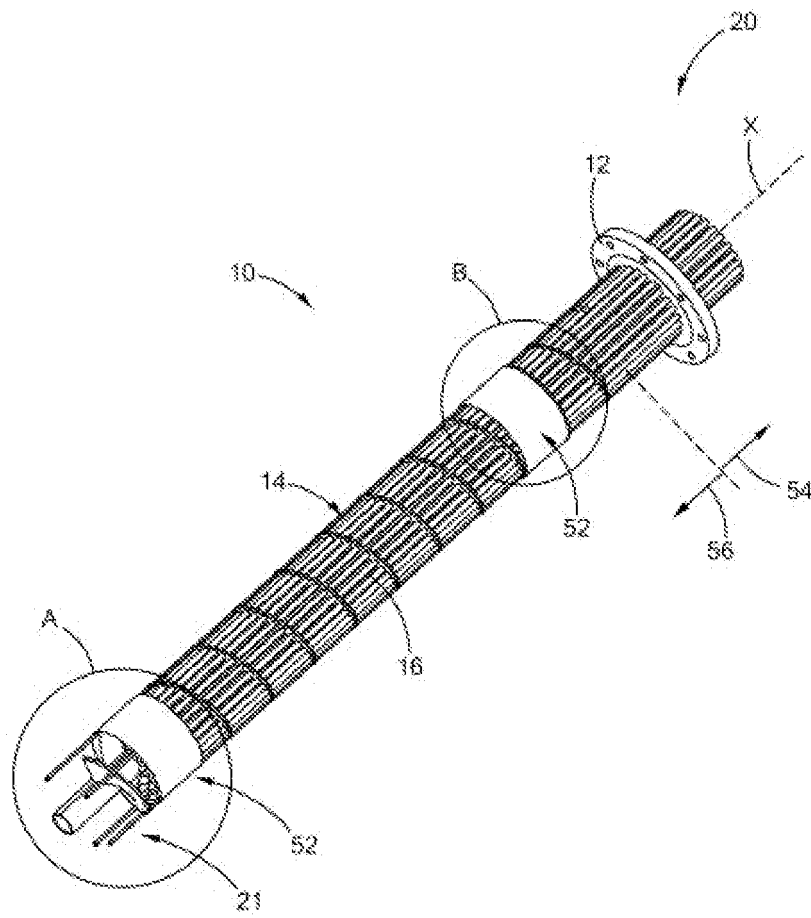
[Revendication 13] Ensemble de chauffage (510) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant en outre :

- un corps tubulaire (82) comprenant une première entrée/sortie (86) ouverte dans une partie intérieure du corps tubulaire (82) au niveau d'une première partie d'extrémité (20) du corps tubulaire (82), et une deuxième entrée/sortie ouverte (88) dans la partie intérieure du corps tubulaire (82) au niveau d'une deuxième partie d'extrémité (21) du corps tubulaire (82),

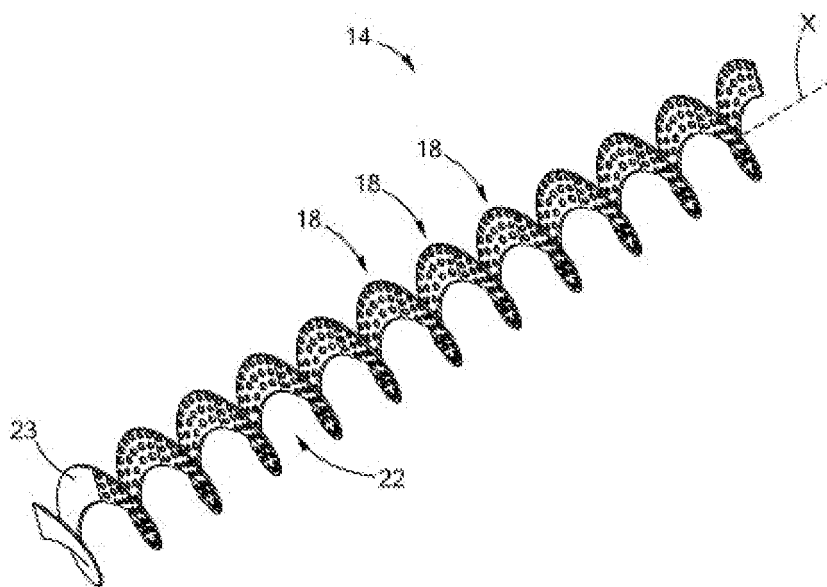
dans lequel le guide d'écoulement (524) est disposé dans le corps tubulaire (82) de sorte que l'hélicoïde géométrique et le corps tubulaire (82) définissent un chemin hélicoïdal entre la première entrée/sortie (86) et la deuxième entrée/sortie (88), la deuxième entrée/sortie (88) étant plus loin dans la direction longitudinale (530) que la première entrée/sortie (86), et

dans lequel aucun des éléments chauffants à résistance électrique (16) de la pluralité d'éléments chauffants à résistance électrique (16) ne se termine dans une région du chemin hélicoïdal qui est en rotation au-delà de la deuxième entrée/sortie (88).

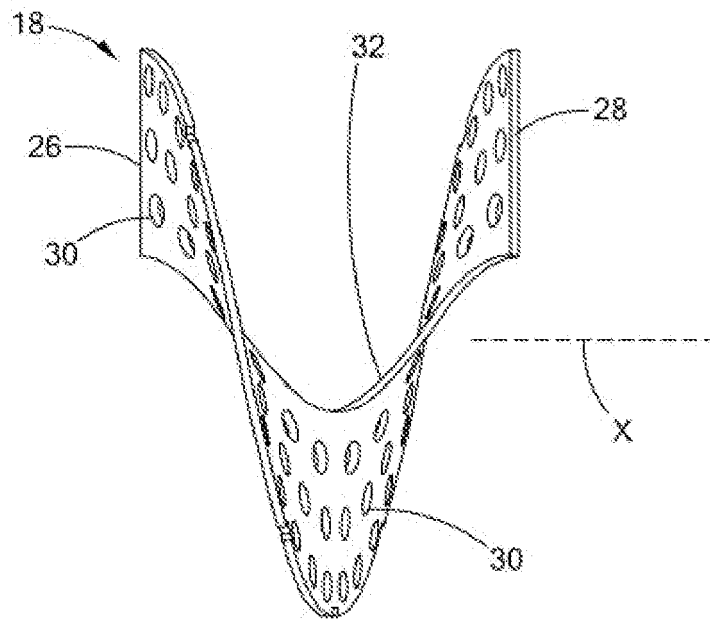
[Fig. 1]



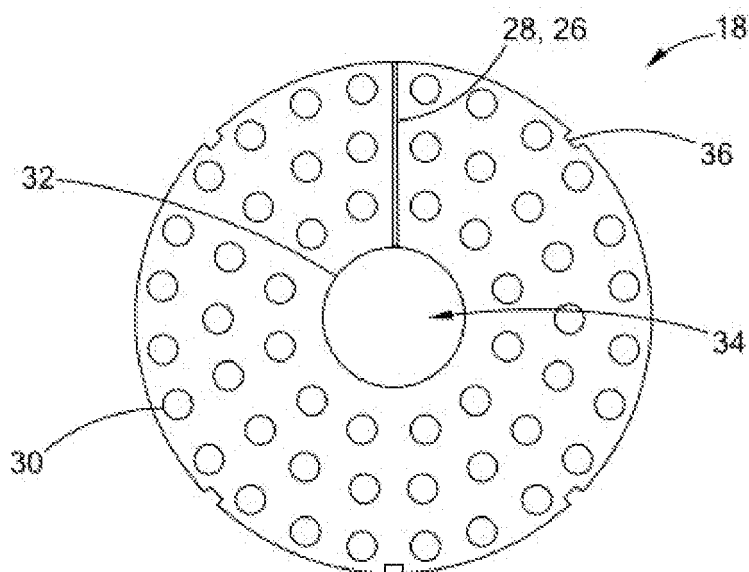
[Fig. 2]



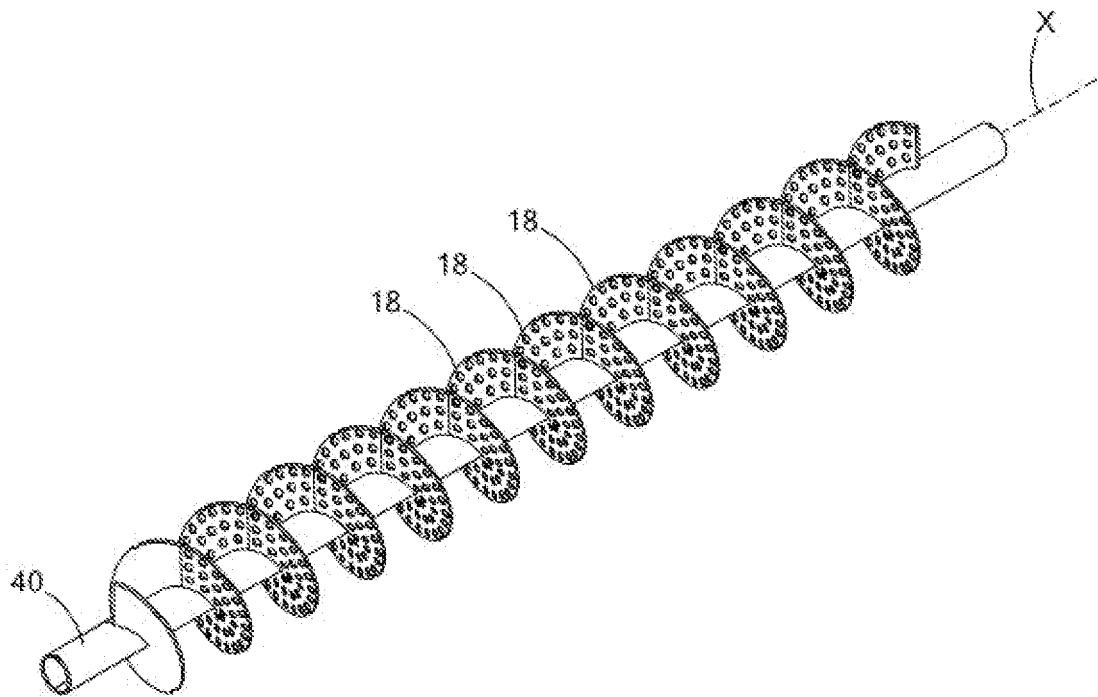
[Fig. 3]



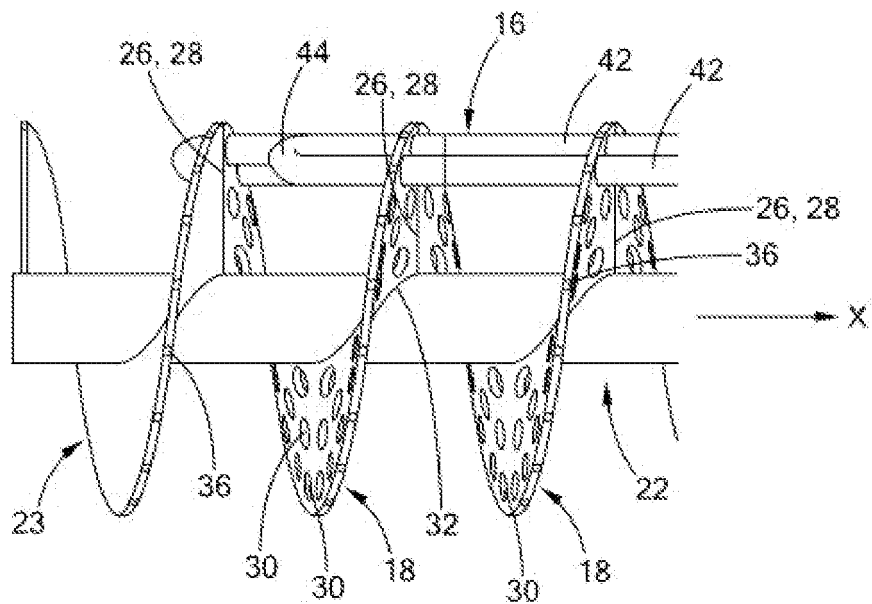
[Fig. 4]



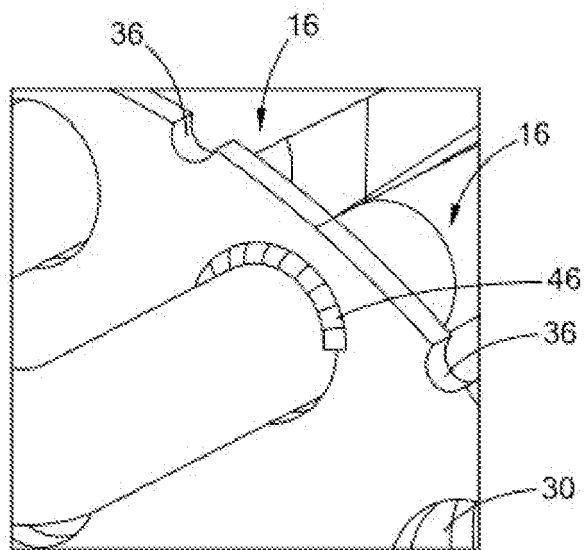
[Fig. 5]



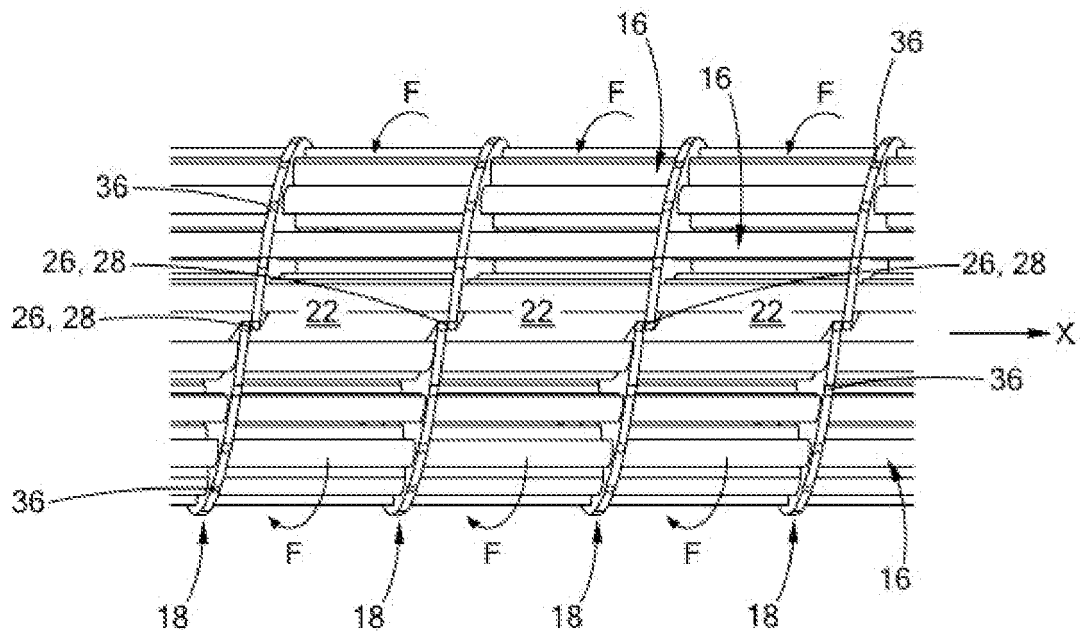
[Fig. 6]



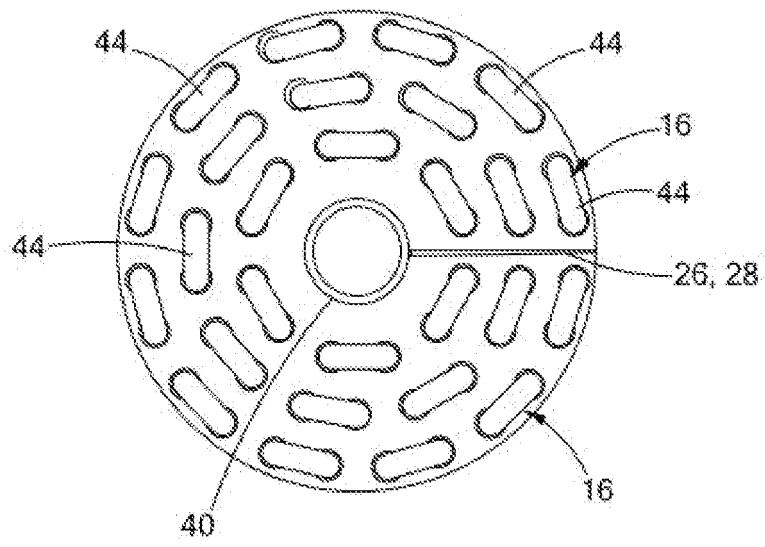
[Fig. 7]



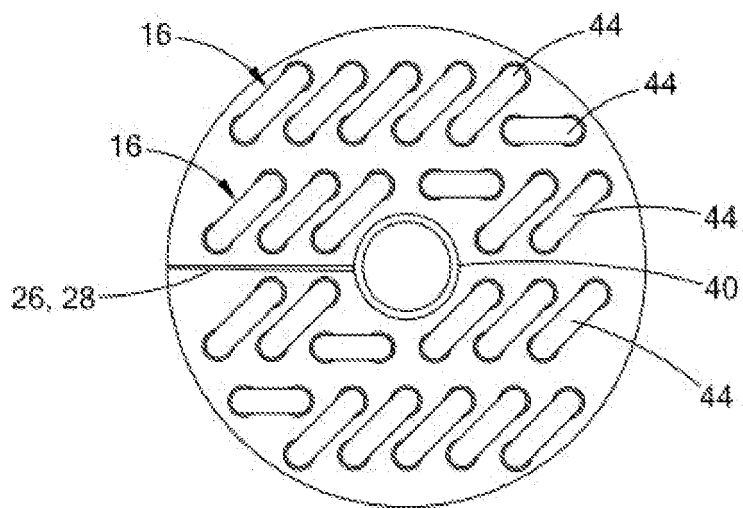
[Fig. 8]



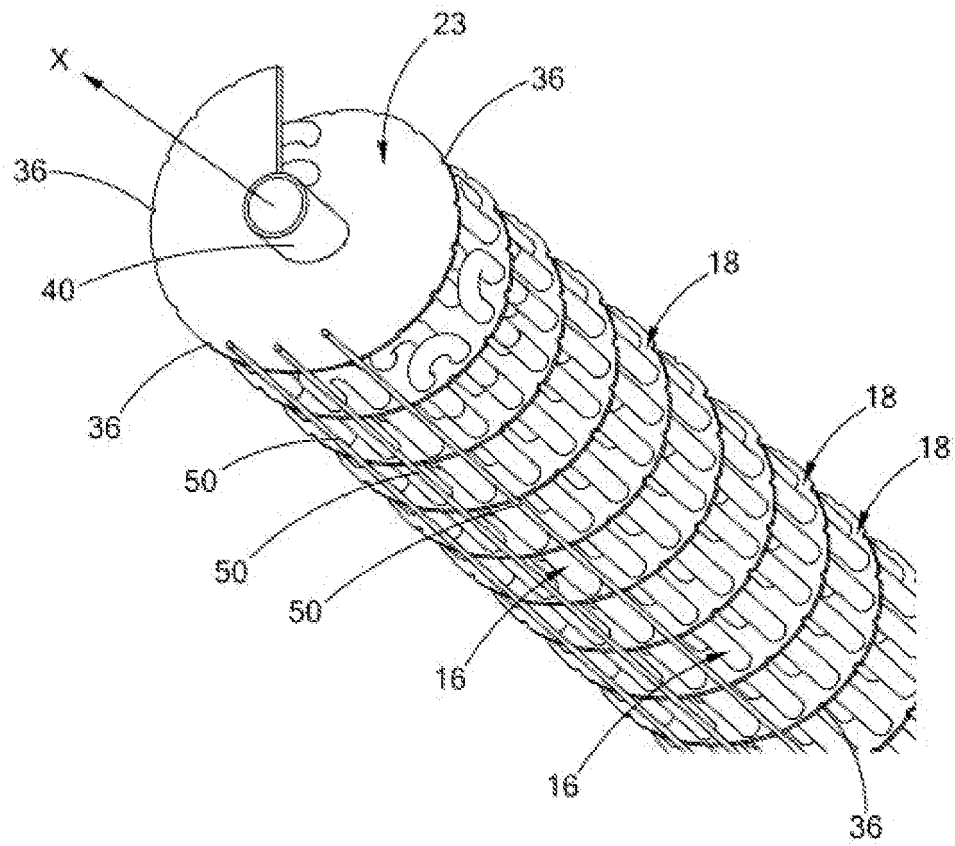
[Fig. 9]



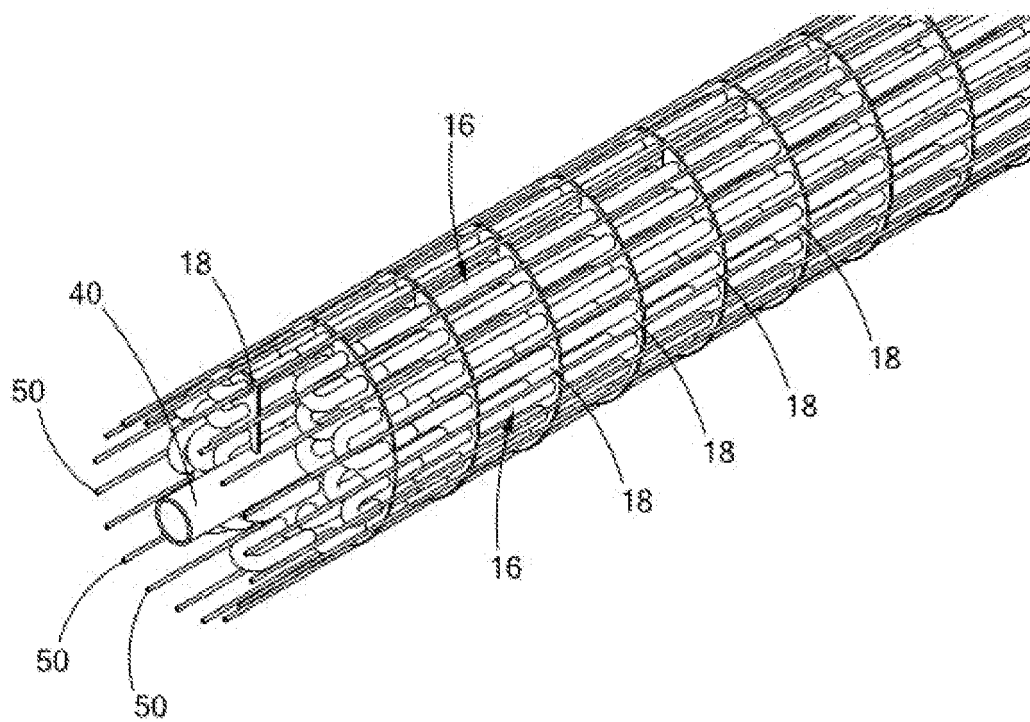
[Fig. 10]



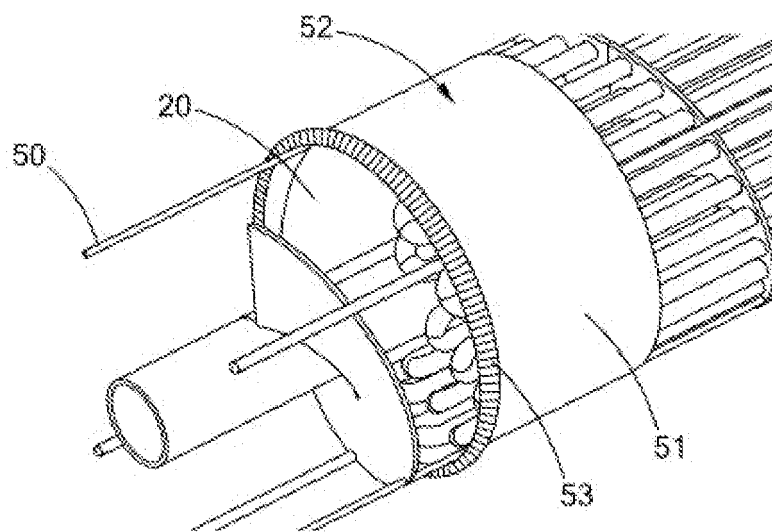
[Fig. 11]



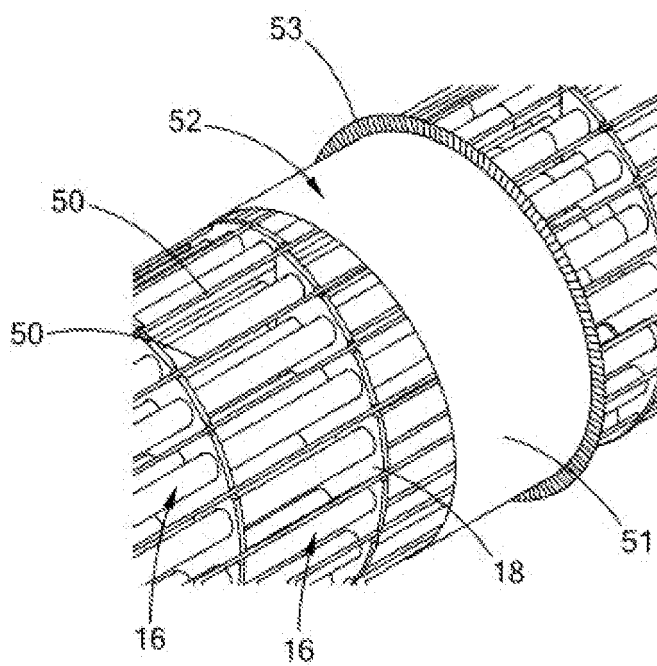
[Fig. 12]



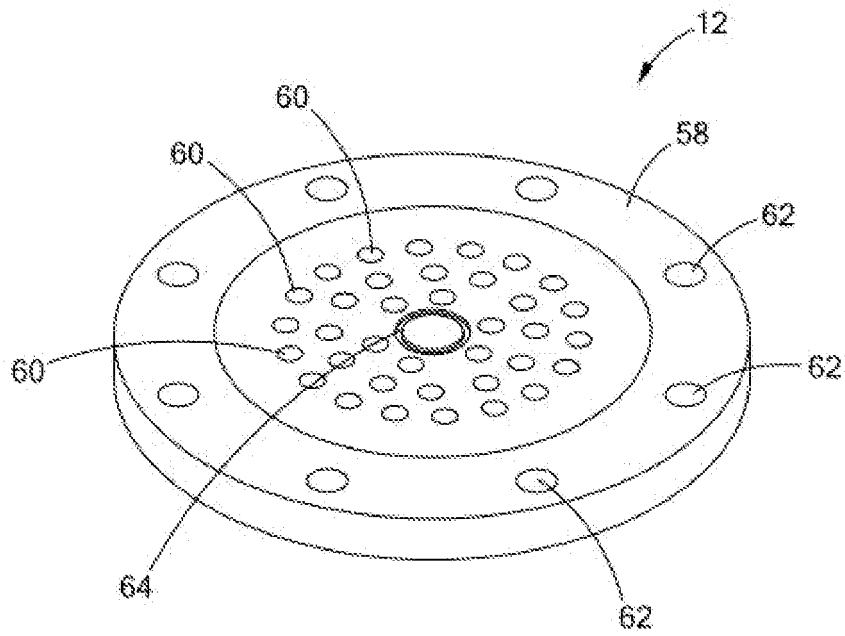
[Fig. 13]



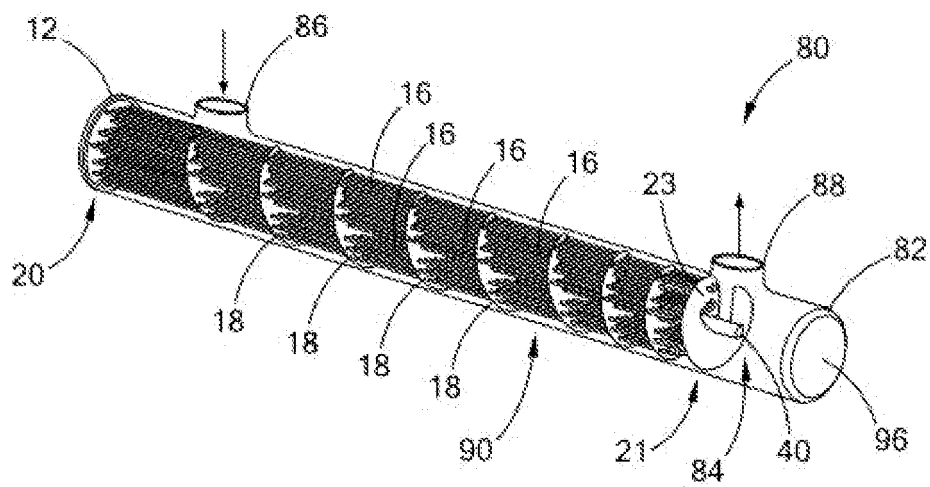
[Fig. 14]

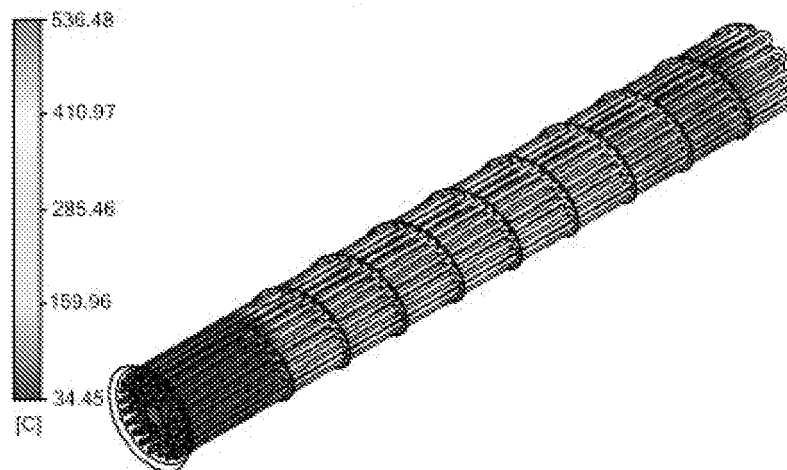


[Fig. 15]

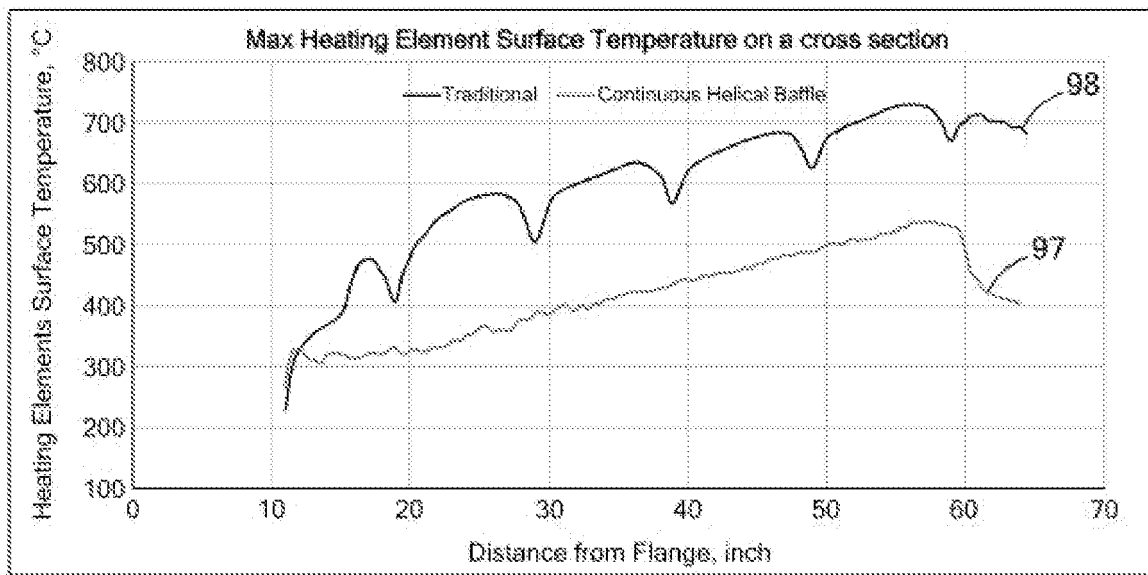


[Fig. 16]

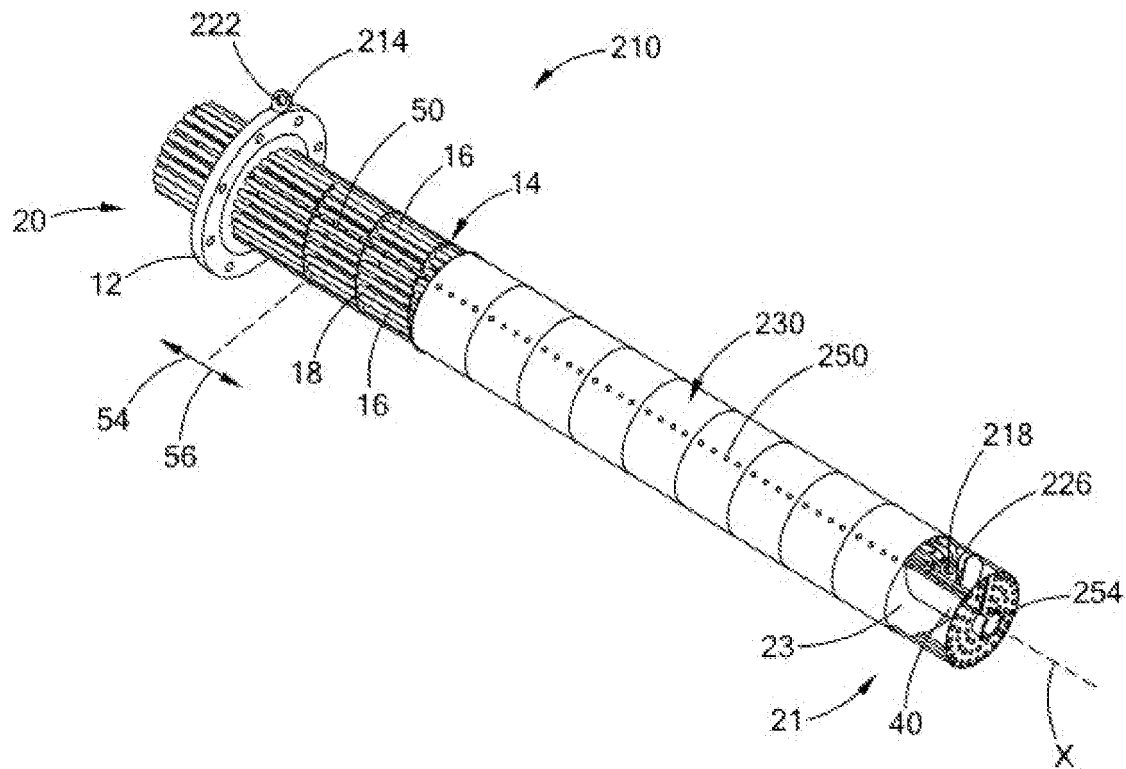




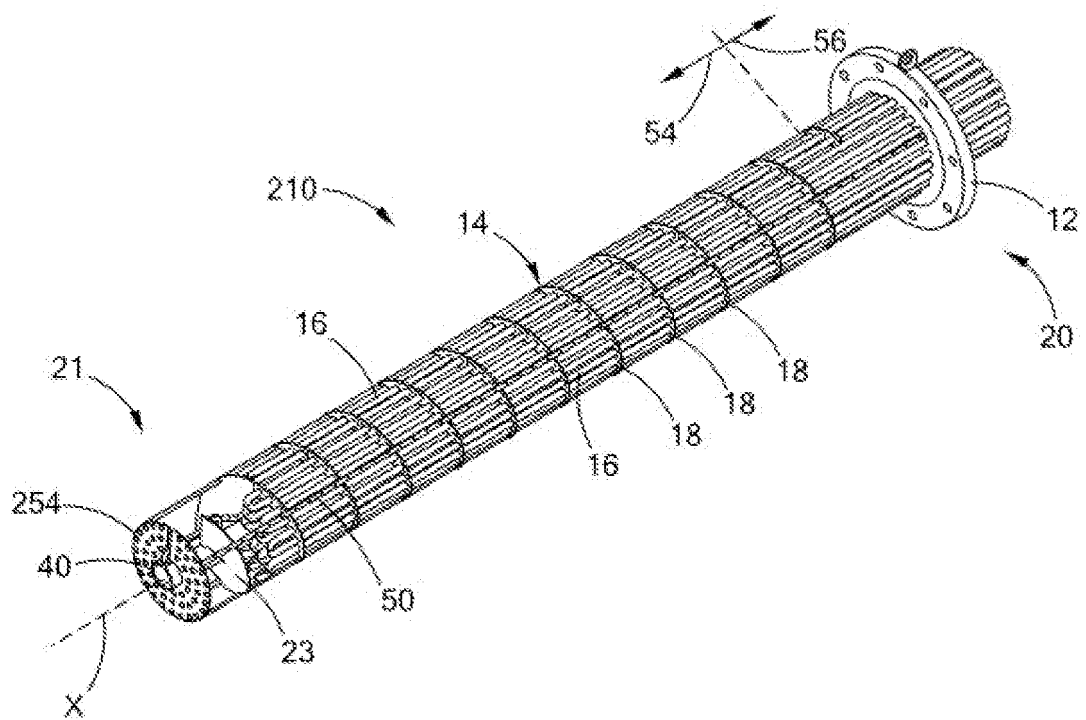
[Fig. 19]



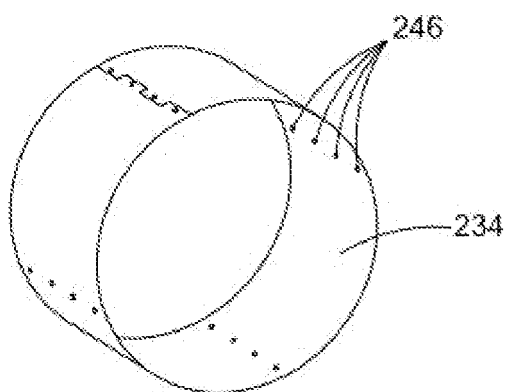
[Fig. 20]



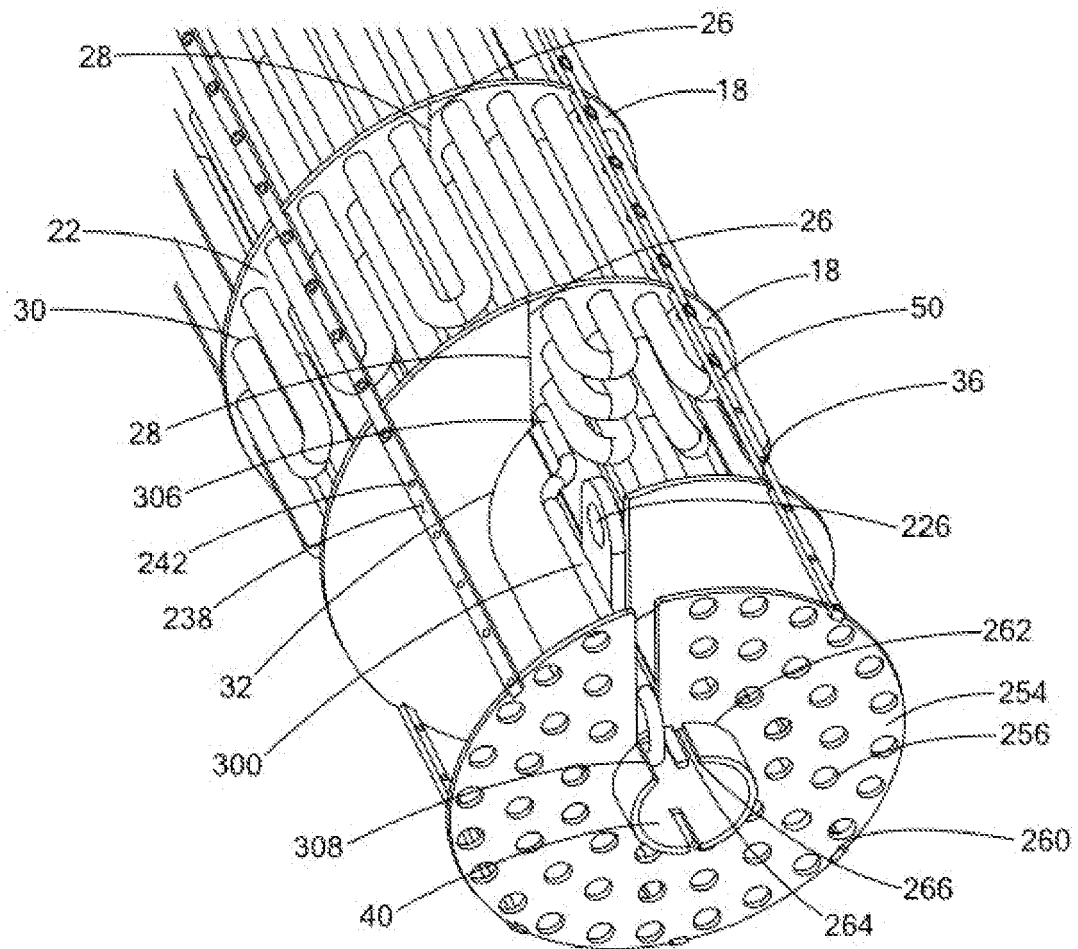
[Fig. 21]



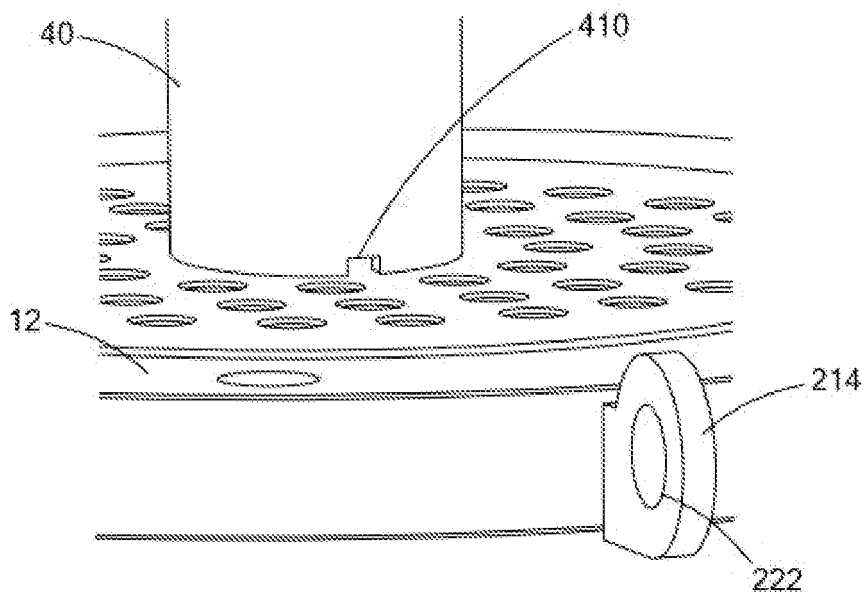
[Fig. 22]



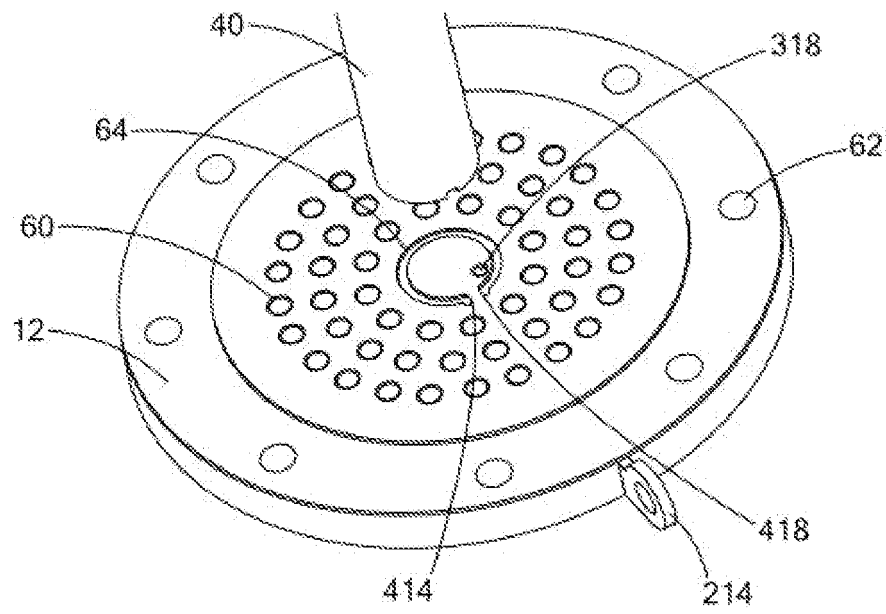
[Fig. 23]



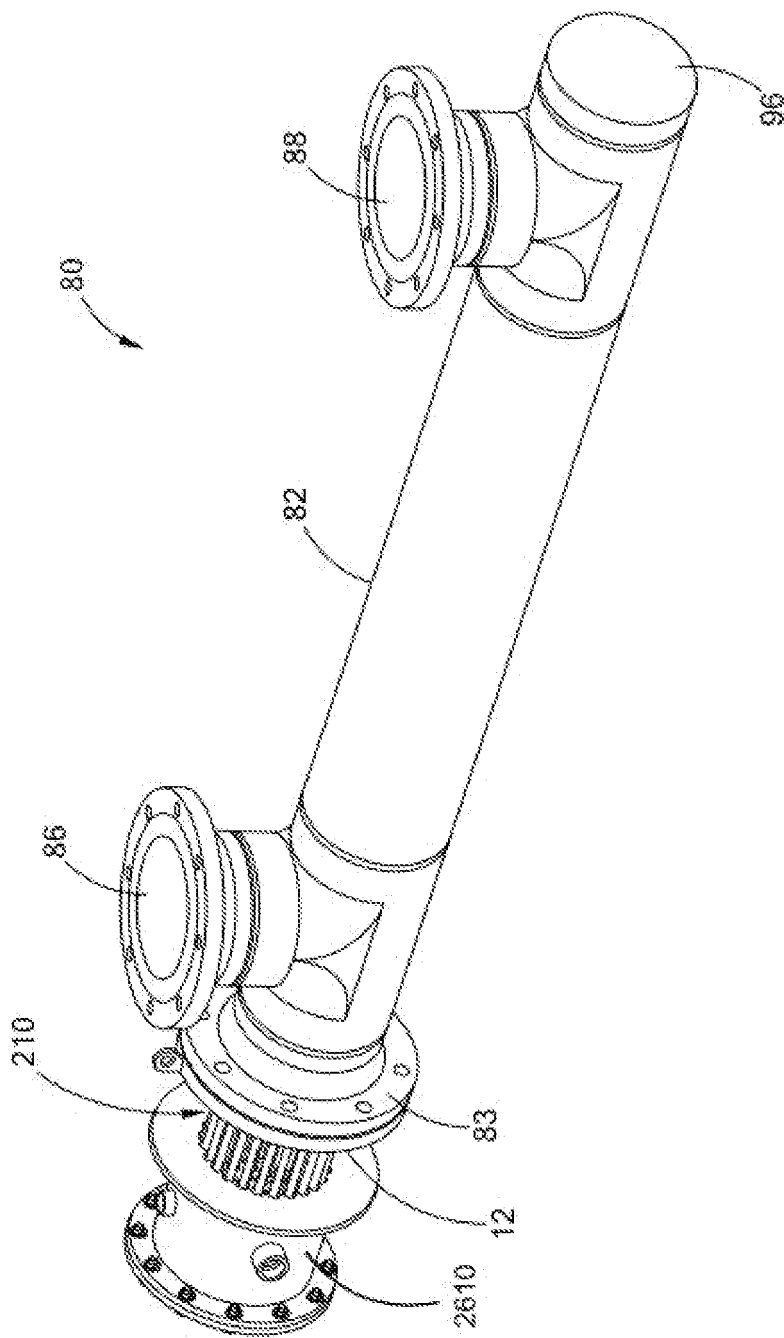
[Fig. 24]



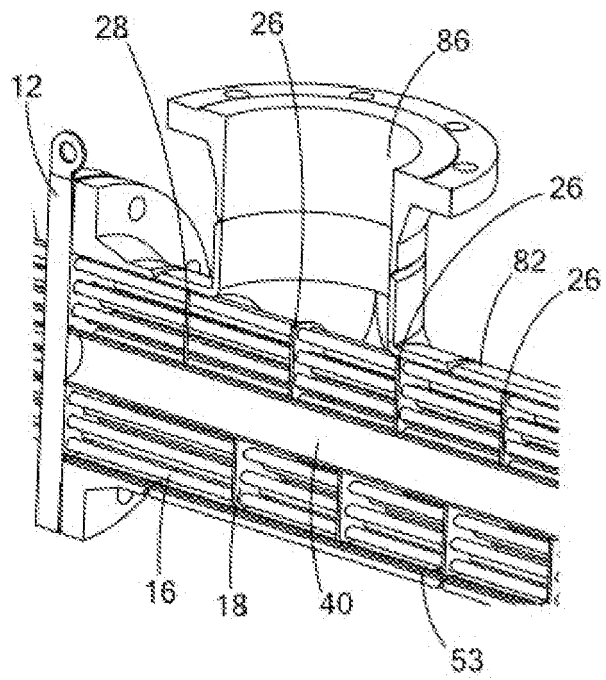
[Fig. 25]



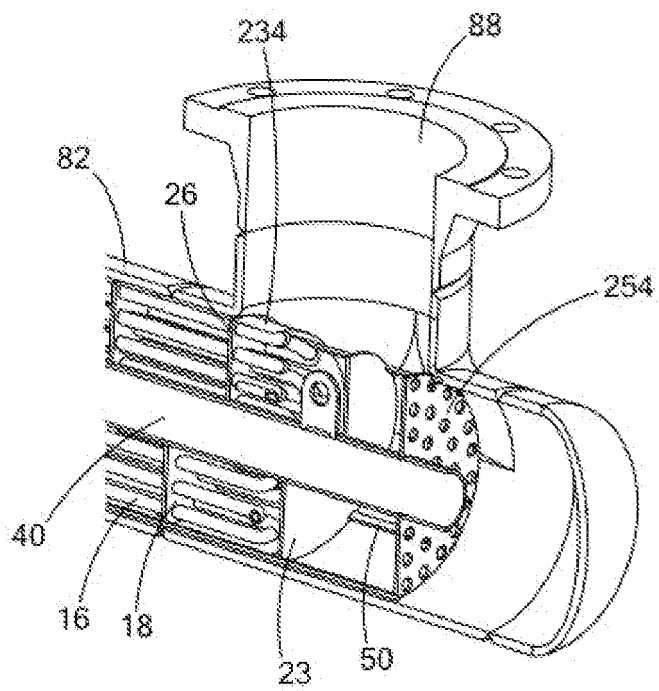
[Fig. 26]



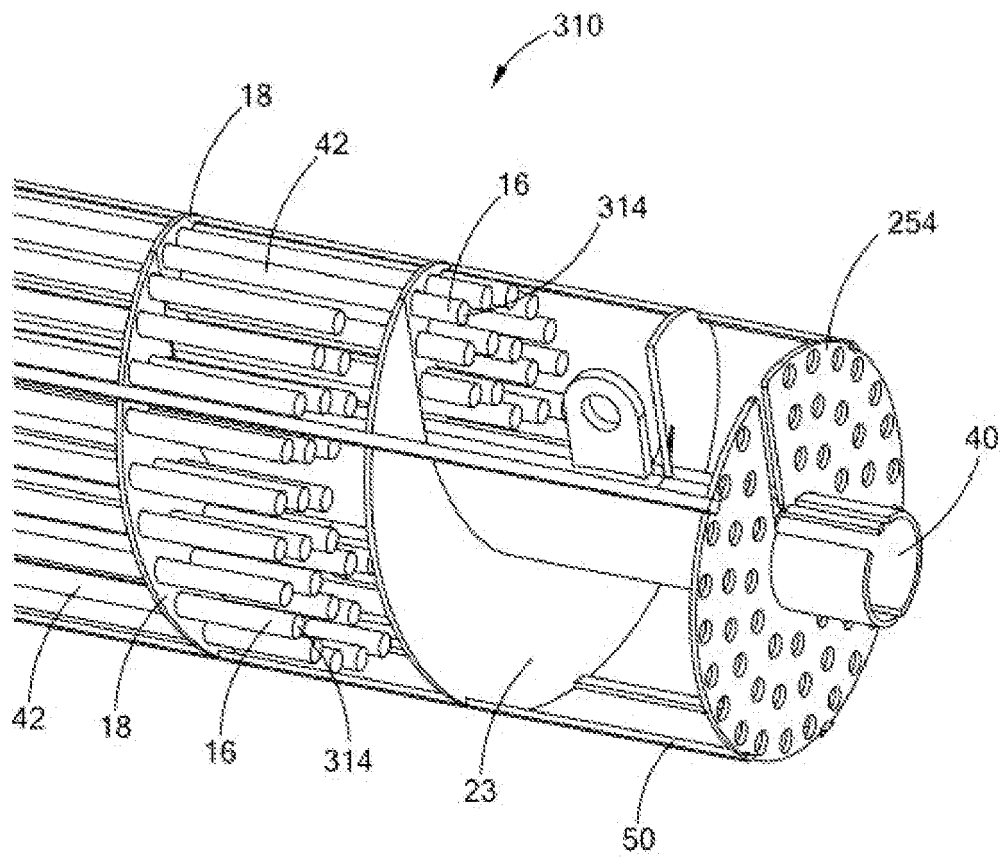
[Fig. 27]



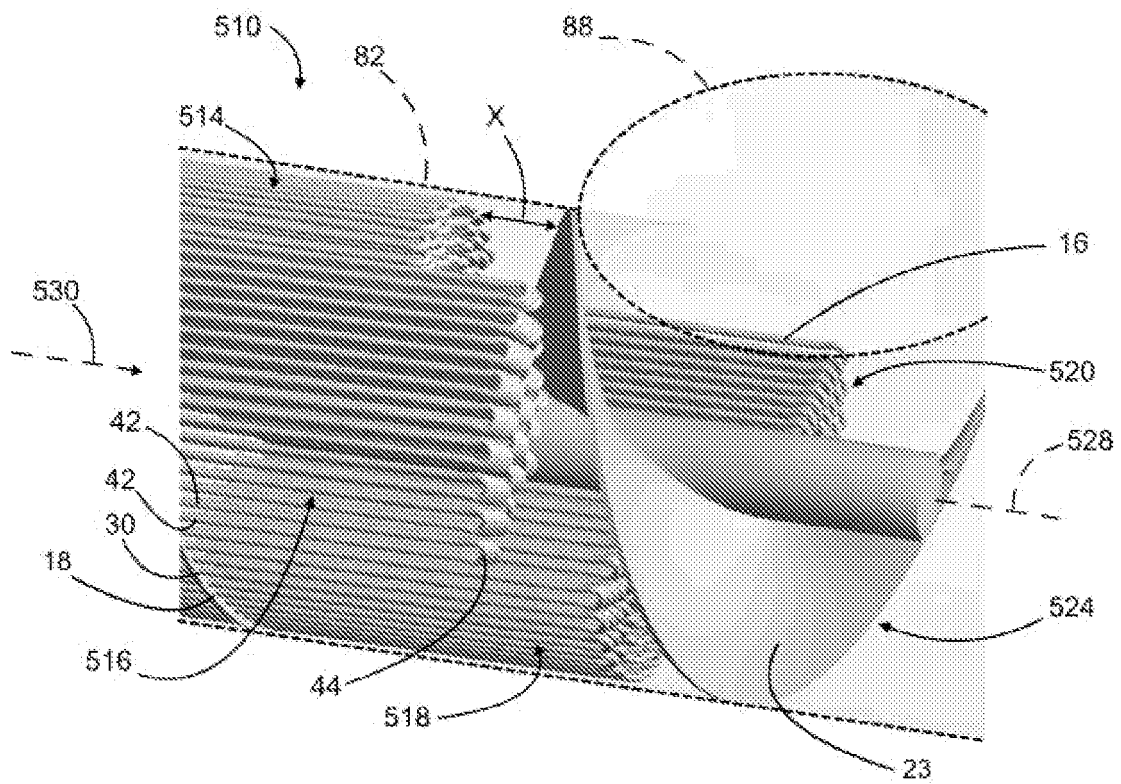
[Fig. 28]



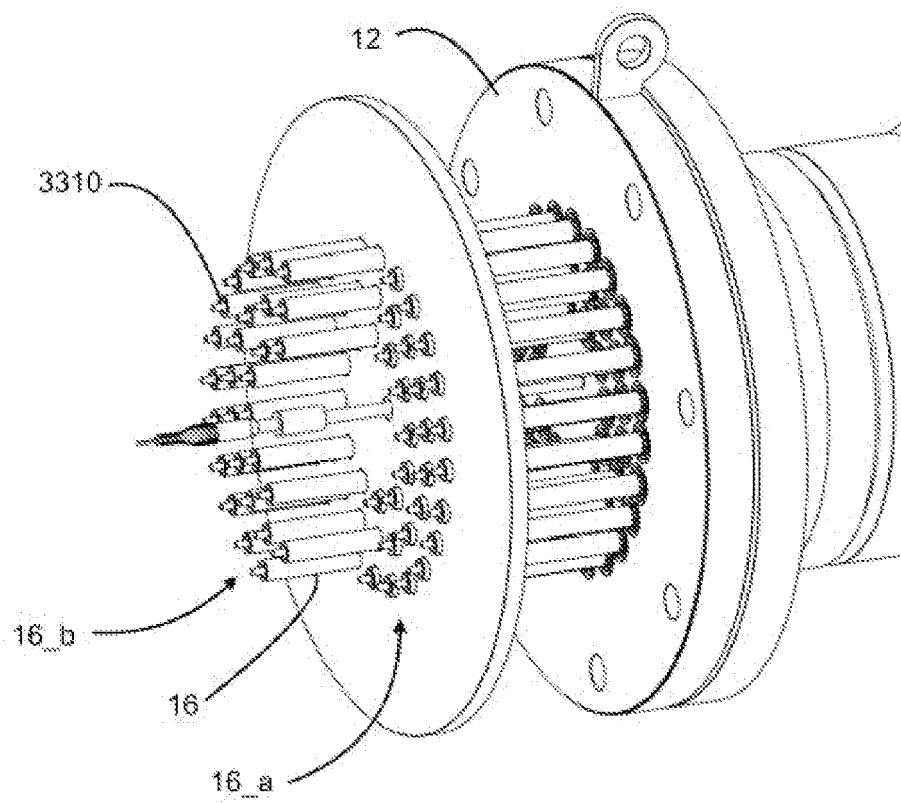
[Fig. 29]



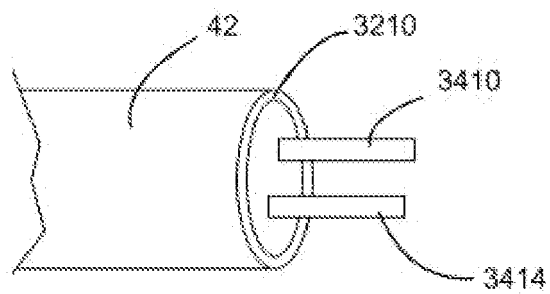
[Fig. 30]



[Fig. 33]



[Fig. 34]



[Fig. 35]

