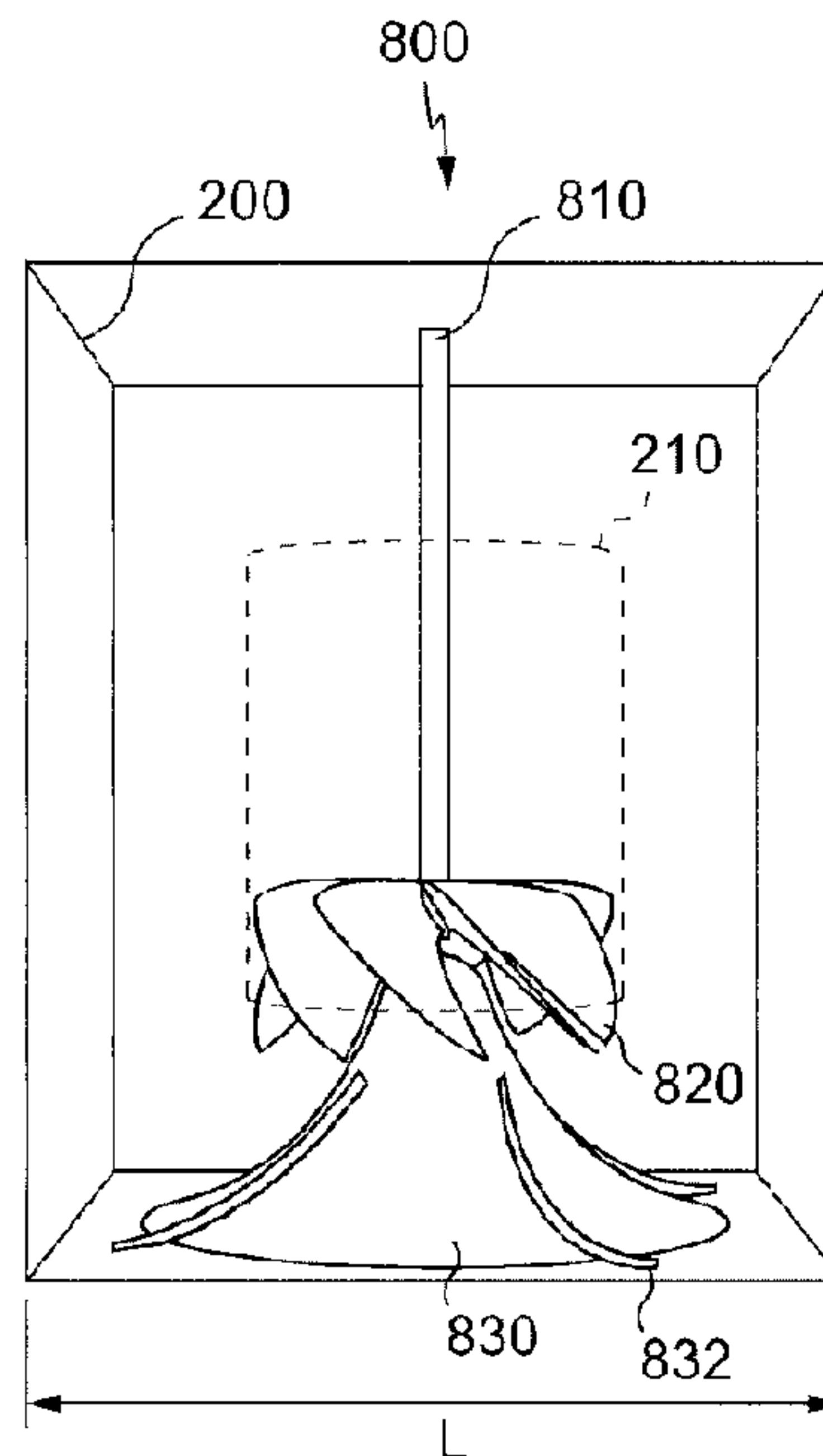




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2012/02/10
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2012/08/16
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2019/12/03
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2013/06/25
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2012/050307
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2012/107704
(30) Priorité/Priority: 2011/02/11 (FR1151139)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B01F 7/00* (2006.01),
B01F 3/12 (2006.01), *B01F 7/16* (2006.01)
(72) Inventeurs/Inventors:
LEVECQ, CELINE, FR;
THOUVENOT, THOMAS, FR
(73) Propriétaire/Owner:
VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES
SUPPORT, FR
(74) Agent: SMART & BIGGAR LLP

(54) Titre : DISPOSITIF DE MISE EN CONTACT D'UNE ESPECE LIQUIDE ET D'UNE ESPECE SOLIDE PARTICULAIRE
EN CROISSANCE
(54) Title: EXPANDING DEVICE FOR COMBINING A LIQUID SPECIES AND A PARTICULATE SOLID SPECIES



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un dispositif de mise en contact d'une espèce liquide et d'une espèce solide particulaire en croissance, comprenant une cuve 200 dans laquelle est disposé un agitateur à pales 800 en rotation autour d'un axe 810, l'agitateur étant éventuellement muni d'un tube guide-flux 210, la cuve 200 comprenant de plus un obstacle statique 830 globalement centré autour dudit axe dans le prolongement de l'agitateur, caractérisé en ce que l'obstacle statique 830 a, dans un plan passant par l'axe, une dimension transversale externe qui croît lorsque l'on s'éloigne de l'agitateur 800 parallèlement audit axe 810, avec une pente par rapport à cet axe qui est constante ou croissante.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
16 août 2012 (16.08.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/107704 A1(51) Classification internationale des brevets :
B01F 7/00 (2006.01) *B01F 7/16* (2006.01)
B01F 3/12 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/050307(22) Date de dépôt international :
10 février 2012 (10.02.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1151139 11 février 2011 (11.02.2011) FR(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : VEO-
LIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES SUP-
PORT [FR/FR]; 1 place Montgolfier, Immeuble l'Aqua-
rène, F-94410 Saint Maurice (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : LEVECQ,
Céline [FR/FR]; 11 square Vitruve, F-75020 Paris (FR).
THOUVENOT, Thomas [FR/FR]; 1 impasse Andrée Pau-
lette, F-78600 Maisons-Lafitte (FR).(74) Mandataire : SANTARELLI; BP 237, 14 avenue de la
Grande Armée, F-75822 Paris Cedex 17 (FR).(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : EXPANDING DEVICE FOR COMBINING A LIQUID SPECIES AND A PARTICULATE SOLID SPECIES

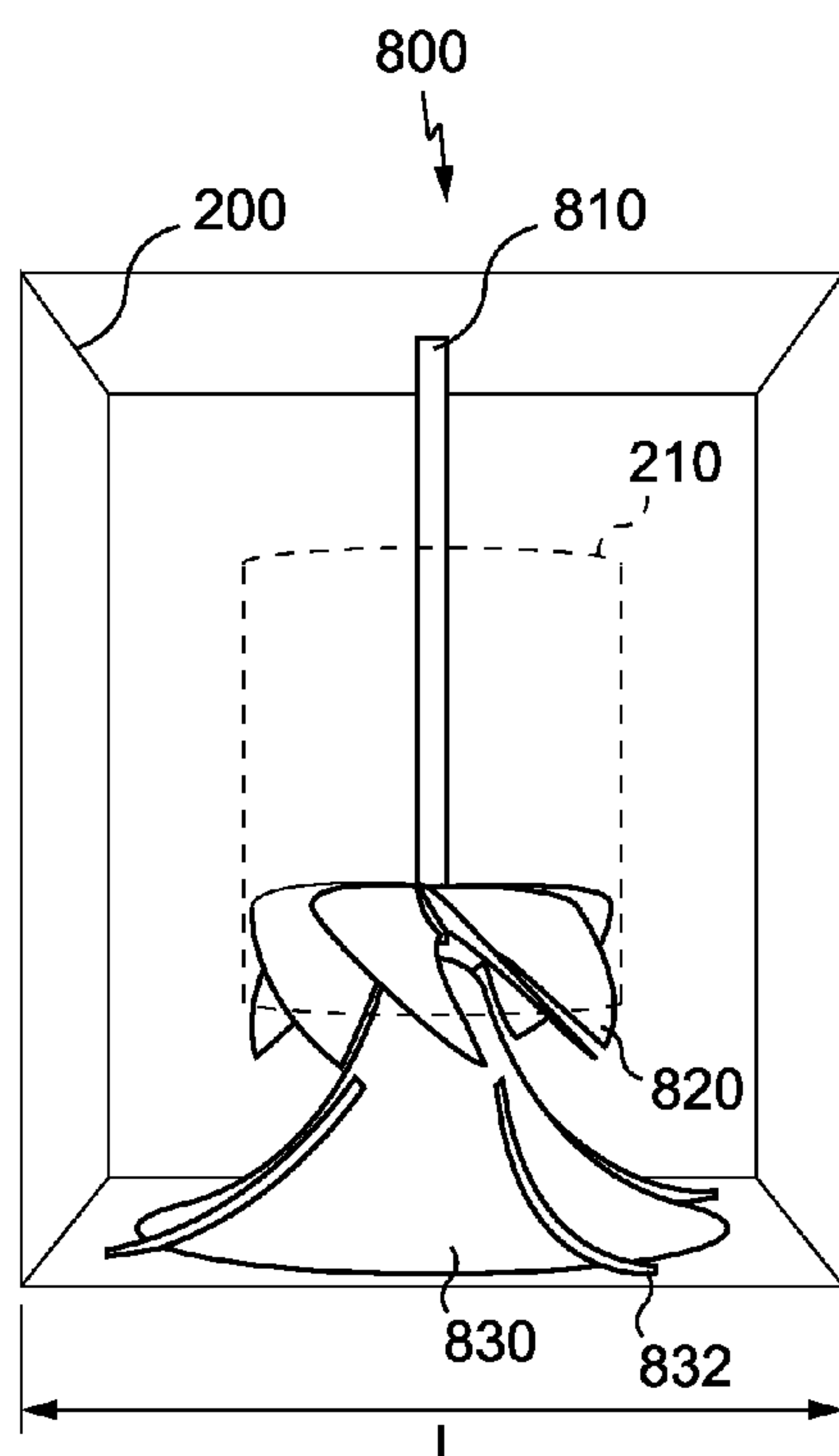
(54) Titre : DISPOSITIF DE MISE EN CONTACT D'UNE ESPÈCE LIQUIDE ET D'UNE ESPÈCE SOLIDE PARTICULAIRE
EN CROISSANCE

Fig. 7

(57) Abstract : The invention relates to an expanding device for combi-
ning a liquid species and a particulate solid species, which includes a ves-
sel 200 in which a stirrer 800 having paddles that rotate about a shaft 810
is arranged, the stirrer being optionally provided with a flow guide tube
210, wherein the vessel 200 also includes a static obstacle 830 that is ge-
nerally centred around said shaft and aligned with the stirrer, characterised
in that the static obstacle 830 has, in a plane passing through the shaft, an
outer transverse dimension that increases as it moves away from the stirrer
800 parallel to said shaft 810, having a constant or increasing slope rela-
tive to said shaft.(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif de mise en contact d'une
espèce liquide et d'une espèce solide particulaire en croissance, compren-
ant une cuve 200 dans laquelle est disposé un agitateur à pales 800 en ro-
tation autour d'un axe 810, l'agitateur étant éventuellement muni d'un tube
guide-flux 210, la cuve 200 comprenant de plus un obstacle statique 830
globalement centré autour dudit axe dans le prolongement de l'agitateur,
caractérisé en ce que l'obstacle statique 830 a, dans un plan passant par
l'axe, une dimension transversale externe qui croît lorsque l'on s'éloigne de
l'agitateur 800 parallèlement audit axe 810, avec une pente par rapport à
cet axe qui est constante ou croissante.

WO 2012/107704 A1

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

DISPOSITIF DE MISE EN CONTACT D'UNE ESPECE LIQUIDE ET D'UNE ESPECE SOLIDE PARTICULAIRE EN CROISSANCE

5 L'invention a trait à un dispositif de mise en contact d'une espèce liquide et d'une espèce solide en croissance, applicable au traitement des eaux usées industrielles et urbaines chargées en particules et que l'on souhaite homogénéiser, et au traitement de purification d'eau destinée à la consommation ou à des processus industriels nécessitant une eau
10 particulièrement propre.

L'invention s'applique notamment aux traitements par floculation d'un fluide à traiter. Par exemple, elle s'applique à la technologie de l'Actiflo® qui est un système de décantation utilisant un ajout de microsable et de polymère floculant à l'effluent afin de provoquer une floculation lestée, c'est-à-dire une
15 croissance de floccs autour d'un lest constitué par les particules de microsable. L'eau est agitée par un agitateur à pales pour créer l'adhérence. Préalablement au traitement, un coagulant comme le chlorure ferrique peut être ajouté pour enlever la charge des colloïdes.

L'invention s'applique également à des traitements de précipitations
20 d'eaux usées industrielles ayant pour but la récupération sous forme de cristaux de matière minérale comme le gypse ou le calcaire. Une homogénéisation du fluide est souhaitée, pour permettre un contrôle de la granulométrie. De manière proche, des procédés d'adoucissement d'eau, visant à la suppression du calcaire dans celle-ci pour une utilisation industrielle spécifique sont
25 également basés sur la précipitation du calcaire.

Dans ces systèmes, on met en place une agitation pour assurer l'homogénéisation. Il est nécessaire que cette agitation soit compatible avec la croissance des agrégats de l'espèce solide, et ce malgré les obstacles que constituent les parois latérales de la cuve, contre lesquelles les agrégats
30 viennent buter s'ils sont animés d'une vitesse comportant une composante radiale significative.

Pour répondre à ce cahier des charges, il est possible de choisir un agitateur à pales adapté à fournir une poussée qui soit plus longitudinale que

radiale. De plus, il est possible d'insérer l'agitateur à pales dans un tube guide-flux dont l'axe est aligné sur celui de l'agitateur à pales. Le tube guide-flux assure la compartimentation de la cuve entre l'intérieur du tube guide-flux où le courant est descendant, et l'extérieur du tube guide-flux où le courant est
5 montant. La composante radiale des courants est fortement diminuée, ce qui assure une croissance harmonieuse des agrégats d'espèce solide qui ne heurtent pas les parois latérales.

Ainsi, une version optimisée d'Actiflo®, appelée Turbomix®, est basée sur une cuve unique comprenant un tube guide-flux, un agitateur dans le
10 tube guide-flux et un croisillon s'opposant à la rotation de l'écoulement sortant du tube guide-flux, ce qui permet une diminution de la taille des installations, des économies d'énergie et un retraitement facilité des floccs. Elle est décrite dans le document WO 2005/065832.

Dans les différentes situations de mise en contact d'une espèce
15 liquide et d'une espèce solide en croissance évoquées, dans un but d'amélioration des techniques disponibles, une amélioration possible reste la suppression la plus complète possible d'effets de cisaillement résiduels dans les procédés connus. Ces cisaillements, non reconnus par l'art antérieur, ont pour effet de disloquer les floccs ou les cristaux et s'opposent donc au bon
20 déroulement du processus de croissance de ceux-ci. Plus particulièrement, des vortex apparaissent dans certaines configurations, et ils ont le double désavantage de dissiper inutilement de l'énergie et de provoquer des cisaillements dans la cuve.

Pour résoudre ce problème, la présente invention consiste en un
25 dispositif de mise en contact d'une espèce liquide et d'une espèce solide particulière en croissance, comprenant une cuve dans laquelle est disposé un agitateur à pales en rotation autour d'un axe, l'agitateur étant éventuellement muni d'un tube guide-flux, la cuve comprenant de plus un obstacle statique globalement centré autour dudit axe dans le prolongement de l'agitateur,
30 caractérisé en ce que l'obstacle statique a une dimension transversale externe qui croit lorsque l'on s'éloigne de l'agitateur parallèlement audit axe, avec une pente par rapport à cet axe qui est constante ou croissante.

Par dimension transversale externe on entend ici la dimension s'étendant d'un côté à l'autre de la surface externe en coupe axiale (un diamètre en cas de forme de révolution), et non pas la distance à l'axe de tel ou tel point de cette surface (un rayon dans le cas précité d'une forme de révolution).

Ce dispositif offre une homogénéisation du mélange efficace à faible consommation d'énergie, et une diminution des effets de cisaillement observés dans les dispositifs antérieurs. Les particules solides suivent des trajectoires en U à courbure modérée et remontent rapidement le long des parois latérales de la cuve, et ne restent pas déposées dans le prolongement de l'agitateur. L'espèce solide particulière grossit rapidement, et il est possible de diminuer la vitesse d'agitation.

L'implantation d'un obstacle statique dans le prolongement d'un agitateur combiné à un tube guide-flux était déjà connue d'après le document KR 2006/0114644 qui décrit un dispositif de dissolution instantanée incluant un agitateur inférieur en dehors du tube guide-flux combiné à un élargissement du tube guide-flux à son embouchure inférieure, indispensables pour créer les mouvements aléatoires nécessaires à la dissolution rapide des espèces solides introduites ; on comprend en effet que, puisque l'embouchure inférieure du tube guide-flux est évasée, seule une part du flux descendant intercepte cet agitateur inférieur tandis qu'une autre part de ce flux circule horizontalement à la sortie du tube, ce qui provoque des turbulences favorables à la dissolution lorsque ces deux parts se télescopent ; un petit élément disposé dans le prolongement de l'axe contribue au guidage du flux. Il faut noter que puisque ce document concerne un dispositif de dissolution instantanée, ses éléments sont conçus en sorte de provoquer des turbulences importantes propres à favoriser la dissolution, ce qui va à l'encontre de l'invention qui vise par contre à préserver une phase solide en croissance.

On connaît en outre, d'après le document US – 6 345 810, un dispositif d'aération comportant un agitateur dans le prolongement duquel est disposé un dôme au centre duquel débouche un canal d'injection d'air ; l'agitateur, dont le moteur empêche un écoulement vertical le long de l'axe vers

le bas, a pour but de brasser latéralement le liquide tout en provoquant un éclatement des bulles d'air en sorte d'optimiser l'effet d'aération. Le dôme a un profil dont la pente par rapport à l'axe diminue en s'éloignant. Puisque ce document vise à pulvériser les bulles d'air qui arrivent, ses éléments ne sont pas compatibles avec un dispositif visant à préserver une phase solide en croissance.

Selon des caractéristiques avantageuses, l'agitateur et l'obstacle statique sont conformés et/ou dimensionnés et/ou positionnés l'un en fonction de l'autre.

10 Ainsi, de manière avantageuse, l'obstacle statique est coiffé axialement par l'agitateur et/ou par le tube guide-flux lorsqu'il existe ; en d'autres termes, l'écoulement se faisant en pratique vers le bas, l'agitateur et/ou le tube guide-flux descendent au moins approximativement, par leur partie la plus basse, au niveau de la partie la plus haute de l'obstacle statique ; l'effet
15 coiffant de l'agitateur et/ou du tube guide-flux provient de ce que leurs parties basses respectives sont en pratique situées à distance de l'axe alors que la partie la plus haute de l'obstacle statique est en configuration centrale.

De manière préférée, l'obstacle statique et l'agitateur sont au moins en un point (d'un plan axial) éloignés longitudinalement d'une distance
20 inférieure à la dimension longitudinale de l'agitateur. Cette caractéristique garantie le caractère minimal des composantes de vitesse à contre-courant au niveau de l'axe entre l'agitateur et l'obstacle statique et optimise la synergie entre l'agitateur et l'obstacle statique pour assurer une transition continue des trajectoires du flux descendant.

25 Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, la valeur maximale de la dimension transversale externe de l'obstacle statique est au moins égale à la dimension transversale maximale de l'agitateur et/ou du tube guide-flux lorsqu'il existe. Cela garantit que la totalité du flux amené par l'agitateur ou par le tube guide-flux est intercepté par l'obstacle et est guidé
30 progressivement vers des trajectoires douces en U.

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, la dimension axiale de l'obstacle statique est au plus égale à la moitié de la valeur

maximale de ladite dimension transversale externe, voire au plus égale au tiers de cette valeur. Cela garantit que l'obstacle assure un guidage du flux jusqu'à lui imposer une composante radiale significative.

5 Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, la surface externe de l'obstacle statique a, dans un plan quelconque passant par l'axe, une inclinaison moyenne d'au moins 45° par rapport à cet axe ; cela contribue aux effets précités ; en fait, lorsque l'obstacle statique a une partie haute de faible section, en forme de pointe éventuellement émoussée, la caractéristique précédente est en pratique également réalisée.

10 Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, la surface externe de l'obstacle statique se raccorde au fond de la cuve de manière au moins approximativement tangente, avec un angle d'au plus 15° . Cela contribue à optimiser la synergie entre l'obstacle statique et la paroi à laquelle il est fixé, en pratique le fond de la cuve, dans le guidage du flux dans
15 ses trajectoires en U.

La pente de la surface externe de l'obstacle statique peut, dans une configuration particulièrement simple du point de vue géométrique, être constante depuis le sommet de l'obstacle jusqu'à la paroi à laquelle cet obstacle est fixé ; toutefois, selon une autre caractéristique avantageuse, la
20 surface externe de l'obstacle statique comporte au moins une zone qui, dans un plan axial, est incurvée avec une concavité orientée à l'opposé de l'axe. On comprend en effet, plus la surface externe de l'obstacle statique est incurvée, plus l'effet de guidage et d'accompagnement du flux est important.

Selon une caractéristique avantageuse, un rayon de courbure de
25 l'obstacle statique, dit premier rayon de courbure, pris dans un plan comprenant l'axe est compris entre le quart d'une dimension transversale de référence de la cuve et une fois, ou une fois et demie ladite dimension transversale de référence de la cuve. Par dimension transversale de référence on entend généralement une dimension transversale du volume de cuve dans lequel
30 l'agitateur étend son influence ; il s'agit en pratique, pour des raisons de minimisation d'encombrement, de la dimension transversale minimale de la cuve, par exemple un côté du fond de cette cuve, lorsqu'elle est rectangulaire

ou carrée. Cette caractéristique qui vise un dimensionnement précis de l'obstacle statique en relation avec les dimensions de la base de la cuve, permet de minimiser les composantes de vitesse à contre courant dans le prolongement de l'axe de l'agitateur, permettant à l'espèce solide particulière de
5 grossir rapidement, et à l'exploitant de diminuer la vitesse d'agitation.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, l'aspect incurvé de la surface externe résulte de ce que la surface externe de l'obstacle statique comporte une succession axiale de portions de pentes constantes, ces pentes augmentant (par rapport à l'axe) d'une portion à l'autre en s'éloignant de
10 l'agitateur. Une telle configuration peut présenter des avantages en termes de fabrication.

Selon une autre caractéristique avantageuse, l'obstacle statique a une forme globalement régulière autour de l'axe, par exemple une forme de révolution. Cela contribue à obtenir une bonne symétrie axiale de l'incurvation des trajectoires des diverses fractions du flux descendant. Notamment dans un
15 tel cas, l'obstacle statique comprend le long de sa surface externe au moins deux nervures. Celles-ci s'éloignent de la portion centrale de l'obstacle statique, de manière radiale, voire à la fois radiale et circonférentielle. Il y a de préférence une nervure par coin de la base de la cuve, chaque coin étant dans
20 le prolongement d'une nervure, ce qui permet de diminuer les phénomènes de cisaillement en utilisant au mieux l'espace de la cuve. Il peut y avoir plus de nervures que de coins de la base de la cuve.

Selon une autre forme possible de la surface externe de l'obstacle statique, cette surface externe de l'obstacle statique a la forme d'une pyramide
25 formée d'une succession circonférentielle de facettes séparées par des arêtes. Il faut rappeler que la notion de pyramide implique la présence de facettes, planes ou incurvées, en nombre quelconque pouvant être égal à 4, voire inférieur (3 facettes) ou supérieur (souvent en nombre pair, tel que 6 ou 8). On comprend qu'une telle configuration conduit à une certaine facilité de
30 fabrication. Lorsque les facettes sont incurvées, elles sont avantageusement formées de portions de cylindre au sens mathématique du terme, c'est-à-dire des portions d'une surface formée par le déplacement d'une ligne droite

(parallèle au fond de la cuve) le long d'une génératrice (ici située en pratique dans un plan contenant l'axe). Une telle configuration combine une simplicité de fabrication et un bon guidage du flux.

De manière particulièrement avantageuse, le fond comporte, au
5 moins dans le prolongement des arêtes, des nervures s'éloignant transversalement de l'axe. On comprend que ces nervures, lorsqu'elles sont solidaires de l'obstacle statique, peuvent contribuer à la bonne fixation de l'obstacle statique au fond de la cuve ; par ailleurs, lorsque ces nervures s'étendent jusqu'à des coins de ce fond, on comprend que ces nervures
10 peuvent en outre contribuer à un bon maintien en position de l'obstacle statique par rapport aux coins de ce fond.

De manière préférée, les pales sont vrillées, c'est-à-dire que leur inclinaison par rapport à l'axe varie depuis l'axe vers les extrémités de ces pales, par exemple dans un sens croissant. Selon une alternative, les pales
15 sont pliées, c'est-à-dire qu'elles comportent, séparées par une ligne de pliage s'écartant globalement de l'axe (mais pas nécessairement coplanaire avec cet axe), deux portions amont et aval de pentes constantes par rapport à l'axe.

Quelle que soit la forme particulière des pales, elles ont avantageusement, au moins en leurs extrémités, un angle d'attaque compris
20 entre 35° et 55° par rapport à l'axe ; cet angle d'attaque est l'angle d'inclinaison des pales près de leurs d'attaque, à savoir ici près de leurs bords supérieurs. Cela contribue à un bon entraînement axial du flux.

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, la valeur maximale de la dimension transversale externe de l'obstacle statique
25 représente au moins un tiers de la plus petite dimension transversale du fond auquel cet obstacle statique est fixé (il s'agit d'un ordre de grandeur, de sorte que cette condition inclue notamment une valeur de quelques 30%). Cela garantit un effet de guidage du flux sur une fraction substantielle de la superficie de ce fond.

30 Selon encore une autre caractéristique de l'invention, un tube guide-flux est effectivement présent, c'est-à-dire que l'agitateur est inséré au moins partiellement (voire complètement) dans un tube guide-flux. Lorsque l'agitateur

n'est inséré que partiellement dans un tube guide-flux, alors, selon une caractéristique avantageuse, il dépasse de l'embouchure du tube guide-flux d'au moins 5% et au plus 60 % de sa dimension mesurée parallèlement à l'axe, et préférentiellement d'au moins 15 % et au plus 45 %. . Cette caractéristique permet de limiter le cisaillement lié à la rencontre des parois du tube guide-flux avec la composante radiale des courants créés par les pales, qui existe même si l'agitateur a été conçu avec soin.

Selon une autre caractéristique avantageuse, dans un plan comprenant l'axe, la surface interne des pales a un projeté parallèle à la surface externe de l'obstacle statique. Cette caractéristique permet de limiter les phénomènes de cisaillement dans l'espace entre l'obstacle et les pales. Elle est de préférence mise en œuvre sur la plus grande distance possible.

Selon une autre caractéristique avantageuse, dans un plan comprenant l'axe, la surface externe des pales a un projeté circulaire dont un rayon de courbure, dit deuxième rayon de courbure, est compris entre un huitième d'une dimension transversale de référence de la cuve et la moitié de ladite dimension transversale de référence de la cuve.

De manière générale, cette caractéristique qui vise un dimensionnement des pales en relation avec les dimensions de la base de la cuve, permet de limiter les phénomènes de cisaillement en bout de pale.

Selon une autre caractéristique avantageuse, dans un plan comprenant l'axe, la surface externe des pales a un projeté circulaire dont un rayon de courbure dit deuxième rayon de courbure est compris entre la moitié d'un rayon de courbure dit premier rayon de courbure de la surface externe de l'obstacle statique et deux fois ledit rayon de courbure dit premier rayon de courbure de la surface externe de l'obstacle statique.

De manière générale, cette caractéristique qui vise un dimensionnement des pales en relation avec les dimensions de l'obstacle statique, permet de limiter les phénomènes de cisaillement et la formation de vortex.

L'invention porte également sur un procédé de mise en contact d'une espèce liquide et d'une espèce solide particulière en croissance au sein d'une cuve, selon lequel , au moyen d'un agitateur à pales en rotation autour d'un axe, l'agitateur étant éventuellement muni d'un tube guide-flux, on mélange et
 5 on entraîne les deux espèces suivant cet axe, vers un obstacle statique globalement centré autour dudit axe dans le prolongement de l'agitateur caractérisé en ce qu'on impose à ces espèces mélangées des trajectoires globalement en forme de U par l'intermédiaire de cet obstacle statique, cet obstacle statique ayant une dimension transversale externe qui croît lorsque
 10 l'on s'éloigne de l'agitateur parallèlement audit axe, avec une pente par rapport à cet axe qui est constante ou croissante.

L'invention porte aussi sur le procédé de dimensionnement de l'ensemble formé par la cuve de mise en contact, l'agitateur et un obstacle statique installé dans la cuve.

15 L'invention porte également sur un dispositif de mise en contact d'une espèce liquide et d'une espèce solide particulière en croissance, comprenant une cuve dans laquelle est disposé un agitateur à pales en rotation autour d'un axe, la cuve comprenant de plus un obstacle statique globalement centré autour dudit axe dans le prolongement de l'agitateur, où l'obstacle
 20 statique a une surface externe ayant, dans un plan passant par l'axe, une dimension transversale externe qui croît lorsque l'on s'éloigne de l'agitateur parallèlement audit axe, avec une pente par rapport à cet axe qui est constante ou croissante et où l'obstacle statique comprend au moins deux nervures le long de sa surface externe.

25 L'invention porte également sur un procédé de mise en contact d'une espèce liquide et d'une espèce solide particulière en croissance au sein d'une cuve, selon lequel , au moyen d'un agitateur à pales en rotation autour d'un axe, l'agitateur étant éventuellement muni d'un tube guide-flux, on mélange et on entraîne les deux espèces suivant cet axe, vers un obstacle statique
 30 globalement centré autour dudit axe dans le prolongement de l'agitateur où l'on impose à ces espèces mélangées des trajectoires globalement en forme de U

par l'intermédiaire de cet obstacle statique, cet obstacle statique ayant une dimension transversale externe qui croît lorsque l'on s'éloigne de l'agitateur parallèlement audit axe, avec une pente par rapport à cet axe qui est constante ou croissante, et comprenant au moins deux nervures le long de sa
5 surface externe.

L'invention va maintenant être décrite en relation avec les figures annexées.

La figure 1 représente un agitateur utilisé, de manière générale, dans
10 les dispositifs de mise en contact.

La figure 2 représente les flux hydrauliques dans une cuve selon l'art antérieur.

La figure 3 représente les variations de vitesse mesurées en un point de la cuve selon la figure 2.

La figure 4 représente les zones de faible pression dans une cuve selon l'art antérieur.
15

Les figures 5 et 6 représentent deux obstacles statiques utilisables, selon l'invention, en fond de cuve.

Les figures 7 et 8 représentent un premier mode de réalisation de
20 l'invention.

Les figures 9 et 10 représentent plus précisément un mode de réalisation d'un obstacle statique utilisé en fond de cuve dans ce premier mode de réalisation de l'invention.

Les figures 11 et 12 représentent plus précisément l'agitateur utilisé dans ce mode de réalisation de l'invention.

La figure 13 représente les vitesses des flux dans une cuve incorporant l'invention.

5 La figure 14 représente les zones de basse pression dans une cuve selon l'invention.

La figure 15 représente en perspective d'un second mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention.

La figure 16 en est une vue en élévation.

10 La figure 17 est une vue en perspective de l'obstacle statique, avec des nervures dans le prolongement des arêtes.

En figure 1, on a représenté un agitateur 100 utilisable de manière générale dans une cuve de mise en contact d'une espèce liquide et d'une
15 espèce solide. Cet agitateur comprend un axe 110 autour duquel il est animé d'un mouvement de rotation (par exemple du fait de l'action d'un moteur non représenté) et de pales 120 réparties en général de manière régulière autour de l'axe 110 et dont la forme et la disposition, en général identiques pour toutes les pales, permettent à l'agitateur en rotation d'exercer une poussée axiale 130
20 (aussi qualifiée de poussée longitudinale) sur le liquide dans lequel il est plongé. Le nombre de pales de l'agitateur 100 est d'au moins deux, mais plus l'agitateur comprend de pales, plus le dispositif est performant.

De manière générale, un tel agitateur peut être placé dans un tube guide-flux, qui est un dispositif constitué essentiellement d'un cylindre,
25 généralement de base circulaire, creux, séparant une zone intérieure dans laquelle s'écoule un fluide animé par la poussée axiale 130 et une zone extérieure dans laquelle le fluide est animé globalement d'un mouvement parallèle à la poussée axiale 130, mais de sens opposé. La présence d'un tel tube guide-flux permet de diminuer la vitesse de rotation de l'agitateur. En effet,
30 le tube guide-flux transforme une partie de la poussée radiale créée par l'agitateur en poussée axiale.

En figure 2, on a représenté une cuve de mise en contact 200 comportant un agitateur 100 et un tube guide-flux 210. Ici, les pales 120 de l'agitateur sont entièrement présentes à l'intérieur de l'espace interne du tube guide-flux 210. Les axes du tube guide-flux 210 et de l'agitateur 100 sont alignés. La cuve 200 est en béton ou constitue un ouvrage de génie civil.

Sur la figure 2, la partie inférieure de la cuve 200 dans le prolongement du tube guide-flux 210 et de l'agitateur 100 est occupée par un croisillon tel que décrit dans la demande de brevet internationale WO 2005/065832. Celui-ci est constitué de deux parois rectangulaires perpendiculaires l'une à l'autre se croisant selon une droite parallèle à leur petit côté et situé à mi-longueur de leur grand côté. Ce croisillon est disposé de telle sorte que la droite d'intersection des parois soit dans le prolongement de l'axe commun du tube guide-flux 210 et de l'agitateur 100. Le croisillon est référencé 230.

Toujours en figure 2, la cuve 200 est figurée avec les vecteurs vitesses du fluide en mouvement qu'elle contient.

En figure 3, on a représenté la variabilité dans le temps de la vitesse axiale dans la zone référencée 240 en figure 2. Cette zone est située à l'intérieur du tube guide-flux 210 à hauteur des pales de l'agitateur 100. La figure 3 montre la très grande variabilité de cette vitesse, synonyme de consommation d'énergie inutile et de risques de cisaillement des espèces solides présentes dans la zone 230.

Dans l'espace entre le centre des pales de l'agitateur 100 et l'axe central du croisillon 220, le sens moyen de circulation du fluide est du croisillon 220 vers l'agitateur 100, contrairement à la circulation dans le reste de l'intérieur du tube guide-flux 210.

En figure 4, on a représenté dans l'espace de la cuve 200 les surfaces iso-pression de pression statique égale à -100 Pa par rapport à la moyenne. On distingue un anneau continu autour du croisillon 220, ainsi que des vortex s'étendant dans chacun des quatre quarts d'espace définis par le croisillon 220, depuis le bas de l'agitateur 100.

Ces constatations originales ont ouvert la voie à l'amélioration des systèmes existants.

De plus, ces résultats de simulation sont validés par comparaison avec les valeurs de vitesses axiales obtenues expérimentalement en fonction
5 de la distance par rapport à l'axe (non représenté).

Différentes hélices ont été testées pour l'agitateur 100. Notamment, des hélices à quatre et huit pales comprenant ou non un cylindre extérieur sertissant les pales, et pour la configuration à huit pales comprenant ou non un
10 dôme central. Ces différentes hélices ont été testées dans une cuve 200 dotée d'un tube guide-flux 210 et d'un croisillon 220, celui-ci étant ensuite remplacé par soit une pyramide 700 à huit faces telle que représentée en figure 6, dont les faces s'étendent jusqu'à la pointe et dont la surface externe a, dans un plan passant par l'axe, une dimension transversale externe maximale 710, soit la
15 même pyramide à huit faces mais avec un sommet tronqué 600 telle que représentée en figure 5, et dont la surface externe a, dans un plan passant par l'axe, une dimension transversale externe maximale 610. Les faces (ou facettes) des pyramides sont ici identiques, correspondant à une symétrie axiale, et peuvent être soit planes soit incurvées vers le haut et vers l'opposé de
20 l'axe.

Ainsi, un obstacle statique ayant une forme globalement régulière autour de l'axe, par exemple une forme de révolution, a été choisi. Mais plus particulièrement une forme de révolution permet d'obtenir d'excellents résultats, notamment en évitant la formation de vortex au niveau des arêtes constatées
25 avec les formes anguleuses. On peut noter que, en cas de symétrie axiale avec une forme de pyramide, on approche d'autant plus d'une forme exacte de révolution qu'il y a un nombre important de facettes.

En figures 7 et 8, on a représenté un mode complet de réalisation de l'invention. Celui-ci comprend dans une cuve 200 un agitateur 800 à huit pales
30 820 réparties régulièrement autour de l'axe de rotation 810 actionné par le haut de la cuve (non représenté). Un tube guide-flux 210 identique à celui représenté

aux figures précédentes est présent et les pales 820 dépassent légèrement par leurs extrémités distales de la partie inférieure du tube guide-flux.

La présence d'un tube guide-flux n'est pas indispensable, mais de
5 manière générale, l'agitateur est configuré, en association avec son éventuel

tube guide-flux, pour assurer le développement de courants essentiellement longitudinaux. S'il y a plusieurs agitateurs, chacun d'entre eux est configuré pour assurer le développement de courants essentiellement longitudinaux.

Un obstacle statique 830 est disposé au fond de la cuve 200. Ce
 5 dispositif statique 830 a une forme générale de révolution avec un sommet pointant vers l'agitateur et un diamètre croissant suivant l'axe longitudinal quand on s'éloigne de l'agitateur 800 (cet obstacle a donc une section circulaire à la différence de ceux des figures 5 et 6). Le diamètre maximal 835 du
 10 dispositif statique 830 est atteint au contact du fond de la cuve 200. Cet obstacle a ici une forme non conique ou tronconique, mais une forme évasée vers l'opposé de l'axe, avec une courbure, constante ou non, tournée vers l'extérieur. De préférence, le rayon de courbure de l'obstacle 830 dans un plan comprenant l'axe 810 est sensiblement constant sur la plus grande distance possible. Il est choisi en fonction des dimensions de la base (ou fond) de la
 15 cuve 200, de manière à minimiser les cisaillements dans le fond de la cuve, zone où l'on souhaite que le fluide et les agrégats qu'il transporte suivent des trajectoires globalement en forme de U, douces et sans déperdition d'énergie ou cisaillements.

En figures 7 et 8, la géométrie du fond de la cuve est représentée
 20 avec une forme carrée ainsi que la hauteur de la cuve qui est à peu près le double de la hauteur du tube guide-flux. Le tube guide-flux 210 est placé dans le mode de réalisation présenté à égales distances du bas et du haut de la cuve. Dans d'autres dispositions, les pales de l'agitateur pourraient dépasser à l'une ou l'autre des extrémités ou embouchures du tube guide-flux (voir être en
 25 dehors de celui-ci). Le diamètre de l'agitateur (et de l'éventuel tube guide-flux associé) est typiquement d'au moins de l'ordre d'un tiers de la plus petite largeur du fond de la cuve.

En figure 9, qui est une vue dans un plan perpendiculaire à l'axe 810 et 10, qui est une vue dans un plan contenant l'axe 810, la géométrie du
 30 dispositif statique 830 est représentée plus en détail. Son sommet peut être pointu, ou au contraire émoussé. On observe l'extrémité arrondie 831 qui a essentiellement la forme d'une sphère.

Sont également représentées quatre nervures 832 s'élevant de la surface du dispositif statique 830 et parcourant celui-ci depuis une section transversale intermédiaire jusqu'à sa section transversale externe. Chacune des nervures 832 nait de manière tangente au périmètre de la section transversale intermédiaire. Ces nervures 832, contrairement au reste du dispositif statique 830, n'ont pas une géométrie de révolution. Elles constituent chacune une saillie de dimension saillante parallèle à l'axe longitudinal et de hauteur de saillie sensiblement constante sur toute la longueur de la nervure. Enfin, le parcours de chaque nervure 832 le long de la surface de l'obstacle statique 830 est, en projection dans un plan transversal tel que représenté dans la partie supérieure de la figure 9, légèrement courbée par rapport à une ligne droite, chacune des nervures 832 tendant, dans le mode de réalisation présenté, vers un des coins de la base carrée de la cuve 200 (non représentée). La hauteur de chacune des nervures 832 est ici sensiblement constante. Ces nervures peuvent contribuer à atténuer les composantes de rotation induites par l'agitateur au flux de fluide descendant.

En figure 11, un exemple de géométrie précise des pales 820 de l'agitateur 800 est représenté. Trois vues de la même pale sont représentées dans trois plans décalés les uns par rapport aux autres de 90° . L'axe 810 est figuré dans les trois vues. La pale 820 est une plaque fine de matériau. En dehors de sa jonction avec l'axe 810, elle est délimitée par trois arêtes visibles en figure 11. Sa surface est inclinée à sa jonction avec l'axe 810 d'un angle $A1$ de 60° par rapport au plan transversal perpendiculaire à l'axe. A son extrémité distale 822 (définie par l'unique arête qui ne débouche pas sur l'axe 810), la pale 820 est inclinée par rapport au plan transversal perpendiculaire à l'axe d'un angle $A2$ de 45° seulement (en effet, l'inclinaison $A1$ auprès de l'axe est avantageusement supérieure à l'inclinaison au niveau des extrémités distales des pales. Cette variation d'angle entre l'axe 810 et la partie distale 822 de la pale provient du caractère vrillé de la pale, adapté à produire une poussée longitudinale d'intensité constante en fonction de la distance à l'axe. On peut noter que, puisque les pales ont ici, en chaque coupe parallèle à l'axe, une pente constante (qui diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'axe), cette

pente est égale à l'angle d'attaque (c'est à dire l'inclinaison des pales au niveau de leur bord d'attaque (bord supérieur).

Plus généralement, au moins une pale de l'agitateur est vrillée, et de préférence toutes les pales sont vrillées, par exemple de la même manière. Les
5 cisaillements et les vortex sont globalement diminués.

On a figuré la hauteur D de la partie distale 822 de la pale parallèlement à l'axe longitudinal. En figure 8, les pales 820 dépassent de l'embouchure inférieure du tube guide-flux d'environ un quart de la hauteur D.

En figure 12, on a représenté la coupe du dispositif statique 830 et le
10 projeté de la pale 820 dans le plan A-A' représenté en figure 11. Le rayon de courbure R2 de la surface externe du projeté de la pale 820 est sensiblement constant. Il est choisi en fonction des dimensions de la base de la cuve, de manière à limiter les phénomènes de cisaillement en bout de pale. Alternativement ou en combinaison, il est choisi en fonction des dimensions de
15 l'obstacle statique 830, pour limiter les cisaillements et la formation de vortex.

La surface interne 823 du projeté de la pale est, quant à elle, parallèle à la surface de l'obstacle statique 830, ces deux courbes ayant toutes les deux un rayon de courbure R1 constant. Grâce à cette configuration, les trajectoires du fluide et des agrégats qu'il transporte ne rencontrent pas
20 d'obstacle.

Parallèlement à l'axe 810, ces deux courbes sont distantes de quelques dizaines de millimètres, cette distance étant notée D'. Elle est choisie en relation avec la dimension de l'agitateur parallèlement à l'axe 810, par exemple la hauteur D représentée en figure 11, de manière que, au vu de cette
25 dimension de l'agitateur, celui-ci ne soit pas disposé trop loin de l'obstacle statique 830, garantissant ainsi l'effet de synergie qui existe du fait de l'adaptions de leurs dimensionnements réciproques et qui se manifeste par l'absence de flux à contre-courant dans le prolongement de l'axe de l'agitateur.

La figure 13 montre les excellents résultats obtenus avec le dispositif
30 statique 830 et l'agitateur 800 mis en œuvre dans le tube guide-flux 210 de la cuve 200. La figure présente les vecteurs vitesses du fluide, et on constate que celui-ci en tout point tangente par sa trajectoire les surfaces qu'il rencontre.

La figure 14 présente la surface isobares du fluide de la figure 14 pour la valeur de pression égale à -100 Pa. On constate que cette surface isobare n'est présente que dans le tube guide-flux et au-dessus de celui-ci. Par rapport à la représentation de la figure 4, on constate notamment la disparition
5 de l'anneau entourant le dispositif statique et des vortex s'étendant de l'agitateur vers le bas de la cuve.

Les figures 15 à 17 représentent un autre mode de réalisation d'un dispositif de mise en contact d'une espèce liquide et d'une espèce solide particulière en croissance.

10 Les éléments similaires à ceux du premier mode de réalisation sont désignés par des signes de référence qui se déduisent de ceux utilisés pour ce premier mode de réalisation par addition du nombre 100.

Ce dispositif comporte ainsi une cuve munie d'un agitateur 900 à pales 920 et d'un obstacle statique 930 disposé dans le prolongement de l'axe
15 de celui-ci, en aval de celui-ci (en pratique à un niveau plus bas, puisque, dans les exemples ici représentés, l'écoulement engendré par l'agitateur est vers le fond). Cet agitateur 900 peut être entouré, comme précédemment, par un tube guide-flux 210 ; on peut toutefois noter que cet agitateur ne déborde pas du tube guide-flux. On peut en outre noter que le tube guide-flux est ici représenté
20 avec des parois verticales qui sont en saillie vis-à-vis de sa surface verticale externe (qui contribuent à assurer un bon écoulement linéaire vers le haut, à l'extérieur de ce tube).

Comme précédemment, les pales 920 ont un angle d'attaque qui, au moins aux extrémités est de l'ordre de 45° (ici de 43°). Toutefois, à la différence
25 des pales 820, ces pales 920 ne sont pas vrillées mais comportent des lignes de pliure transversales à l'axe (mais non perpendiculaires à celles-ci ni coplanaires avec l'axe), séparant des portions planes haute (amont) et basse (aval), la partie haute (contribuant à définir l'angle d'attaque notamment en extrémité distale) ayant une pente plus faible par rapport à l'axe que la partie
30 basse (par laquelle ces pales sont fixées à l'axe, plus précisément à un moyeu 910A de montage sur l'axe).

Ces pales sont ici au nombre de six et, en projection dans un plan transversal à l'axe se recouvrent l'une l'autre, donnant un taux de recouvrement de l'ordre de 110%, ce qui contribue à assurer un bon entraînement du flux.

D'autres nombres de pales peuvent être choisis, de préférence mais pas nécessairement pairs, avec un angle d'attaque de préférence compris entre 35° et 55°.

Comme précédemment l'agitateur (c'est aussi le cas du tube guide-flux) coiffe l'obstacle statique, c'est-à-dire que la partie la plus basse des pales (auprès de leurs extrémités distales) descendent à proximité immédiate de la partie la plus haute de l'obstacle statique (sa partie centrale), voire plus bas (voir la figure 16). On peut noter que, dans ce mode de réalisation aussi, l'obstacle statique et l'agitateur sont, au moins en un point, éloignés longitudinalement d'une distance inférieure à la dimension longitudinale de l'agitateur.

Alors que l'obstacle statique 830 a, de manière précise, une forme de révolution autour de l'axe, l'obstacle statique a la forme d'une pyramide, avec des facettes qui sont avantageusement identiques, ce qui correspond à une symétrie axiale. Plus précisément cet obstacle 930 est une pyramide à quatre facettes 934 séparées par des arêtes 936, d'où un contour carré à sa jonction au fond de la cuve. Toutefois, comme précédemment, cet obstacle a, en coupe axiale, une concavité orientée vers le haut et à l'opposé de l'axe ; cette concavité est en outre, comme dans le premier mode de réalisation, constante avec un rayon de courbure qui est constant depuis le sommet jusqu'à proximité du fond.

De manière préférée, les facettes de la pyramide sont des portions de cylindre au sens mathématique du terme, c'est-à-dire qu'elles sont formées par une ligne droite (horizontale c'est-à-dire perpendiculaire à l'axe) se déplaçant parallèlement à elle-même le long d'une génératrice (à savoir la ligne de plus grande pente, en coupe axiale). En variante, ces facettes peuvent avoir une double courbure, par exemple concave vers le haut et l'opposé de l'axe en coupe axiale et convexe en coupe transversale ; on comprend toutefois que la

configuration représentée peut être plus simple à réaliser qu'une telle configuration à double courbure.

Ce rayon de courbure de l'obstacle statique dans un plan comprenant l'axe est ici aussi compris entre le quart d'une dimension transversale de référence de la cuve et une fois et demie ladite dimension transversale de référence de la cuve.

On peut vérifier qu'ici aussi (voir la figure 15), la valeur maximale de la dimension transversale externe de l'obstacle statique (diagonale de la section carrée à proximité du fond) est au moins égale à la dimension transversale maximale de l'agitateur et/ou du tube guide-flux lorsqu'il existe ; de même, la dimension axiale de l'obstacle statique (sa hauteur) est au plus égale à la moitié de la valeur maximale de ladite dimension transversale externe (en fait, dans l'exemple représenté, cette dimension axiale est même au plus égale à la moitié du côté 938 de cet obstacle statique à proximité du fond (voir la figure 16).

Comme précédemment, on peut noter que la surface externe de l'obstacle statique a, dans un plan quelconque passant par l'axe (voir notamment la figure 16), une inclinaison moyenne d'au moins 45° par rapport à cet axe.

De même, la surface externe de l'obstacle statique se raccorde au fond de la cuve, ici aussi, de manière au moins approximativement tangente, avec un angle ici d'au plus 15° (l'angle de raccordement au fond est ici sensiblement plus faible que pour l'obstacle 830).

En variante non représentée, la forme incurvée vers le haut et à l'opposé de l'axe peut être approximée par une succession axiale de portions de pentes constantes, ces pentes augmentant d'une portion à l'autre en s'éloignant de l'agitateur.

Par analogie avec l'obstacle 830, l'obstacle statique peut comprendre des nervures le long de sa surface externe.

Toutefois, de manière avantageuse, on peut renoncer à de telles nervures sur la surface externe de l'obstacle dans le cas d'une telle pyramide formée d'une succession circonférentielle de facettes séparées par des arêtes,

5 tout en en disposant le long de la surface du fond de la cuve. De telles nervures 932 sont avantageusement disposées dans le prolongement d'au moins certaines des arêtes de la pyramide, de préférence dans le prolongement de chacune d'entre elles (avec une éventuelle courbure en s'éloignant de cet obstacle). Ces nervures sont avantageusement fixées à l'obstacle statique.

10 Ces nervures peuvent s'étendre depuis les coins de l'obstacle statique jusqu'aux coins du fond de la cuve, contribuant ainsi à un positionnement aisé de cet obstacle vis-à-vis de ce fond. En outre ces nervures peuvent être à la fois fixées à l'obstacle statique et au fond de la cuve, ce qui contribue à renforcer la fixation de cet obstacle au fond de la cuve.

A titre d'exemple pour une cuve de fond carré de 2 m de côté et 2 m de hauteur, l'obstacle statique de base carrée a 1 m de côté le long du fond et une hauteur de 35 cm (le rayon de courbure supposé constant s'en déduit).

15 L'invention peut être mise en œuvre sans guide-flux, dans une cuve ayant une base dont les dimensions sont grandes par rapport au diamètre des pales de l'agitateur, ou avec un agitateur à pales adapté à exercer une poussée dont la composante longitudinale est nettement plus grande que la composante radiale.

20 Le mode de réalisation qui a été présenté utilise une cuve 200 de base carrée. Mais si la base de la cuve 200 est un cercle, la dimension transversale de référence à utiliser pour le dimensionnement de l'agitateur 800 ou 900 et de l'obstacle statique 830 ou 930 est le diamètre de la base de la cuve. Si la base de la cuve est un rectangle, alors c'est le petit côté de celui-ci.
25 Si la base de la cuve est un polygone, on privilégiera le diamètre hydraulique de celui-ci.

L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation présentés mais s'étend à l'ensemble des variantes à la portée de l'homme du métier dans le cadre des revendications principales ; en particulier des caractéristiques des
30 deux modes de réalisation qui ont été décrits peuvent être combinées.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de mise en contact d'une espèce liquide et d'une espèce solide particulaire en croissance, comprenant une cuve dans laquelle est disposé un agitateur à pales en rotation autour d'un axe, la cuve comprenant de plus un obstacle statique globalement centré autour dudit axe dans le prolongement de l'agitateur, où l'obstacle statique a une surface externe ayant, dans un plan passant par l'axe, une dimension transversale externe qui croît lorsque l'on s'éloigne de l'agitateur parallèlement audit axe, avec une pente par rapport à cet axe qui est constante ou croissante et où l'obstacle statique comprend au moins deux nervures le long de sa surface externe.

2. Dispositif de mise en contact selon la revendication 1, dans lequel l'obstacle statique est coiffé axialement par l'agitateur.

3. Dispositif de mise en contact selon la revendication 1 ou 2, où l'agitateur est muni d'un tube guide-flux.

4. Dispositif de mise en contact selon la revendication 3, dans lequel l'obstacle statique est coiffé axialement par le tube guide-flux.

5. Dispositif de mise en contact selon la revendication 3, dans lequel l'obstacle statique est coiffé axialement par l'agitateur et par le tube guide-flux.

6. Dispositif de mise en contact selon la revendication 1, où l'obstacle statique et l'agitateur sont, au moins en un point, éloignés longitudinalement d'une distance inférieure à la dimension longitudinale de l'agitateur.

7. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la valeur maximale de la dimension transversale externe de l'obstacle statique est au moins égale à la dimension transversale maximale de l'agitateur.

8. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel la valeur maximale de la dimension transversale externe de l'obstacle statique est au moins égale à la dimension transversale maximale du tube guide-flux.

9. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel la valeur maximale de la dimension transversale

externe de l'obstacle statique est au moins égale à la dimension transversale maximale de l'agitateur et du tube guide-flux.

10. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel la dimension axiale de l'obstacle statique est au plus égale à la moitié de la valeur maximale de ladite dimension transversale externe.

11. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel la surface externe de l'obstacle statique a, dans un plan quelconque passant par l'axe, une inclinaison moyenne d'au moins 45° par rapport à cet axe.

12. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel la surface externe de l'obstacle statique se raccorde au fond de la cuve de manière au moins approximativement tangente, avec un angle d'au plus 15° .

13. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel la surface externe de l'obstacle statique comporte au moins une zone qui, dans un plan axial, est incurvée avec une concavité orientée à l'opposé de l'axe.

14. Dispositif de mise en contact selon la revendication 13, dans lequel un rayon de courbure de l'obstacle statique dans un plan comprenant l'axe est compris entre le quart d'une dimension transversale de référence de la cuve et une fois et demie ladite dimension transversale de référence de la cuve.

15. Dispositif de mise en contact selon la revendication 13 ou la revendication 14, dans lequel la surface externe de l'obstacle statique comporte une succession axiale de portions de pentes constantes, ces pentes augmentant d'une portion à l'autre en s'éloignant de l'agitateur.

16. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans lequel l'obstacle statique a une forme globalement régulière autour de l'axe.

17. Dispositif de mise en contact selon la revendication 16, dans lequel ladite forme globalement régulière autour de l'axe est une forme de révolution.

18. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans lequel la surface externe de l'obstacle statique a la forme d'une pyramide formée d'une succession circonférentielle de facettes séparées par des arêtes.

19. Dispositif de mise en contact selon la revendication 18, dans lequel le fond comporte, au moins dans le prolongement des arêtes, des nervures s'éloignant transversalement de l'axe.

20. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, dans lequel les pales sont vrillées.

21. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 1 à 20, dans lequel les pales ont, au moins en leurs extrémités, un angle d'attaque compris entre 35° et 55° par rapport à l'axe.

22. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, dans lequel la valeur maximale de la dimension transversale externe de l'obstacle statique représente au moins un tiers de la plus petite dimension transversale du fond auquel cet obstacle statique est fixé.

23. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 1 à 22, dans lequel l'agitateur est inséré au moins partiellement dans un tube guide-flux.

24. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 1 à 23, où dans un plan comprenant l'axe, la surface interne des pales a un projeté parallèle à la surface externe de l'obstacle statique.

25. Dispositif de mise en contact selon l'une des revendications 1 à 24, dans lequel dans un plan comprenant l'axe, la surface externe des pales a un projeté circulaire dont un rayon de courbure est compris entre un huitième d'une dimension transversale de référence de la cuve et la moitié de ladite dimension transversale de référence de la cuve.

26. Dispositif de mise en contact selon l'une quelconque des revendications 1 à 25, où dans un plan comprenant l'axe, la surface externe des pales a un projeté circulaire dont un rayon de courbure est compris entre la moitié d'un

rayon de courbure de la surface externe de l'obstacle statique et deux fois ledit rayon de courbure de la surface externe de l'obstacle statique.

27. Procédé de mise en contact d'une espèce liquide et d'une espèce solide particulière en croissance au sein d'une cuve, selon lequel , au moyen d'un agitateur à pales en rotation autour d'un axe, on mélange et on entraîne les deux espèces suivant cet axe, vers un obstacle statique globalement centré autour dudit axe dans le prolongement de l'agitateur où l'on impose à ces espèces mélangées des trajectoires globalement en forme de U par l'intermédiaire de cet obstacle statique, cet obstacle statique ayant une dimension transversale externe qui croît lorsque l'on s'éloigne de l'agitateur parallèlement audit axe, avec une pente par rapport à cet axe qui est constante ou croissante, et où l'obstacle statique comprend le long de sa surface externe au moins deux nervures.

28. Procédé selon la revendication 27, où l'agitateur est muni d'un tube guide-flux.

1/9

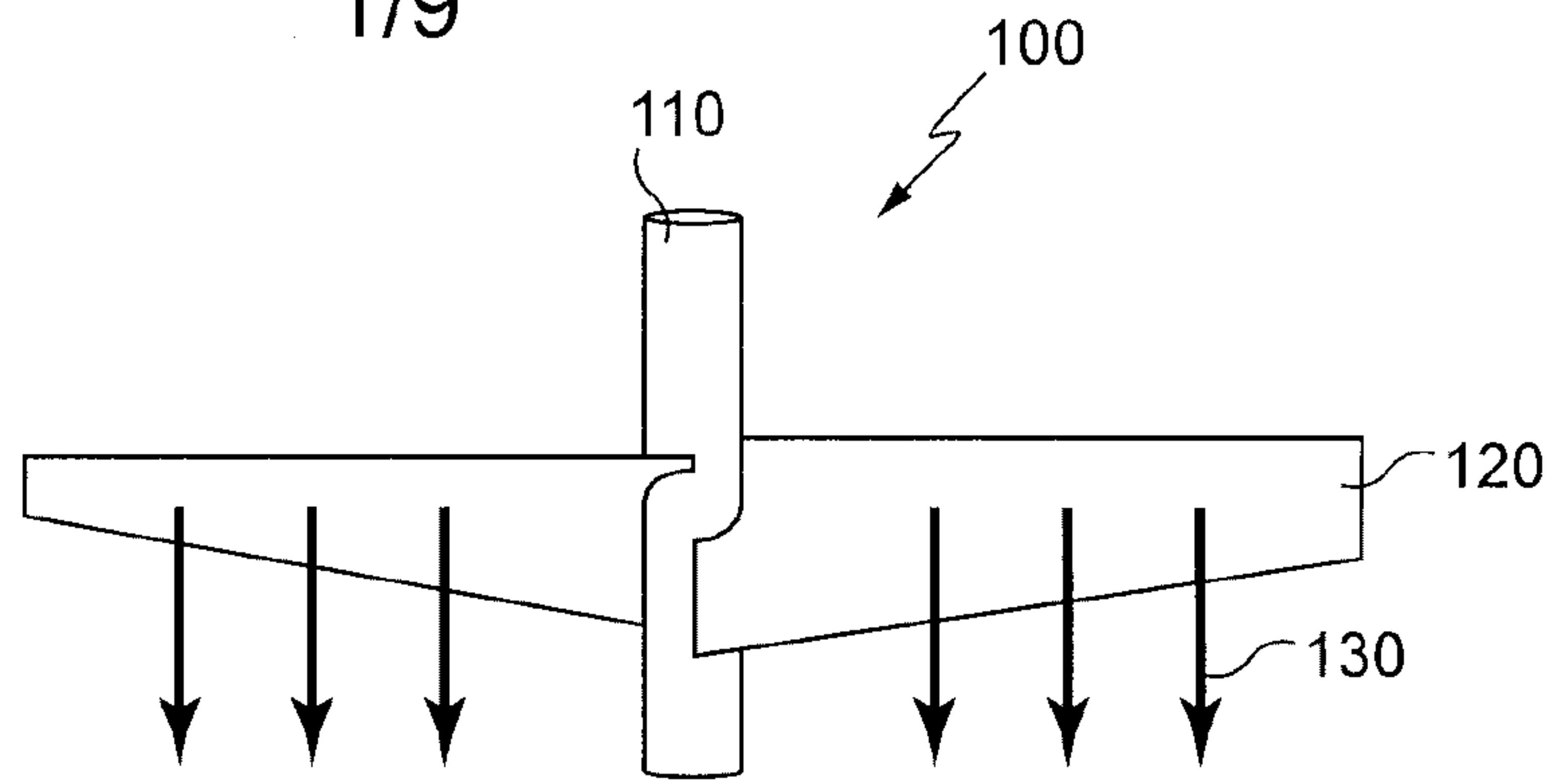


Fig. 1

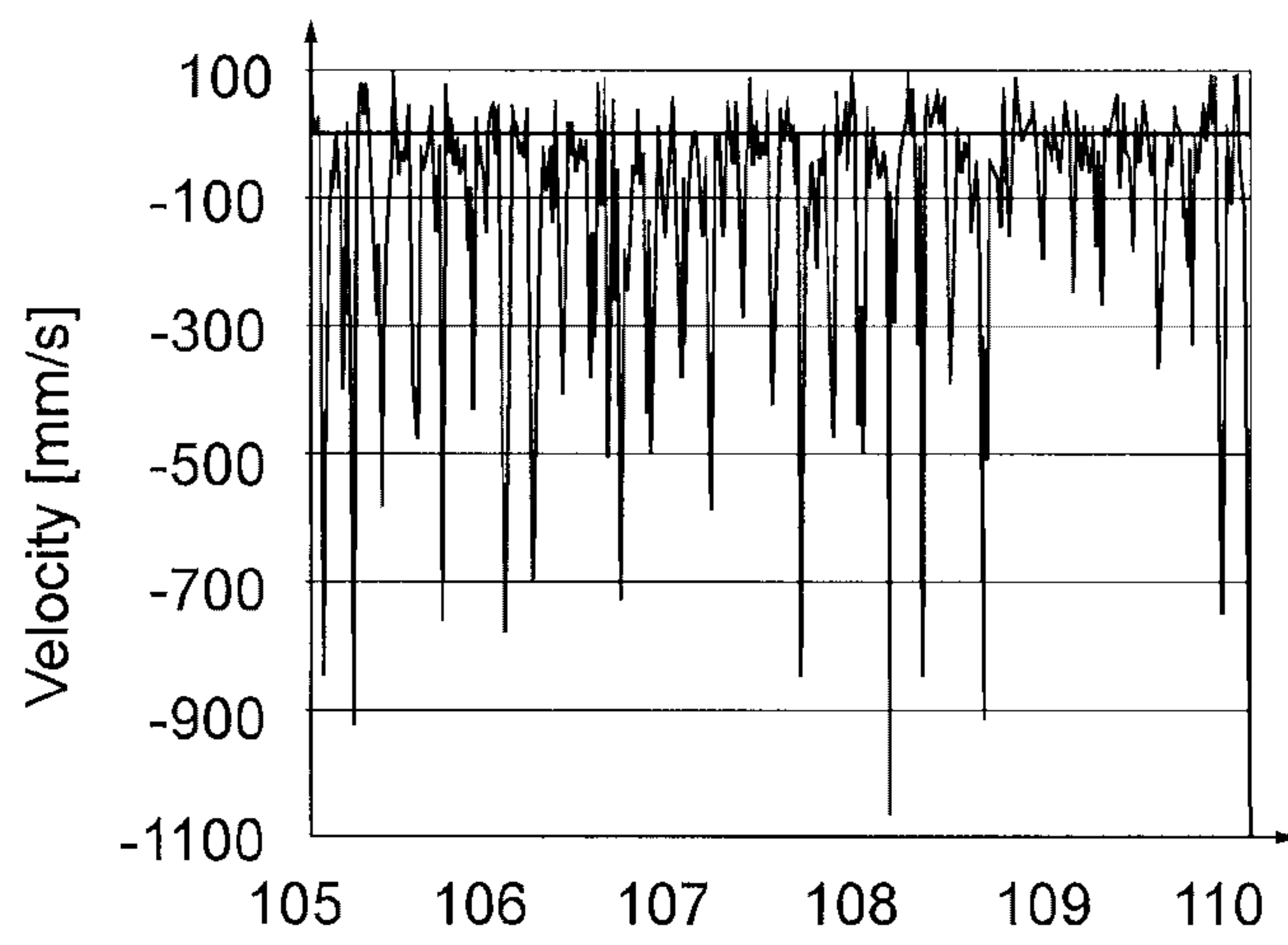


Fig. 3

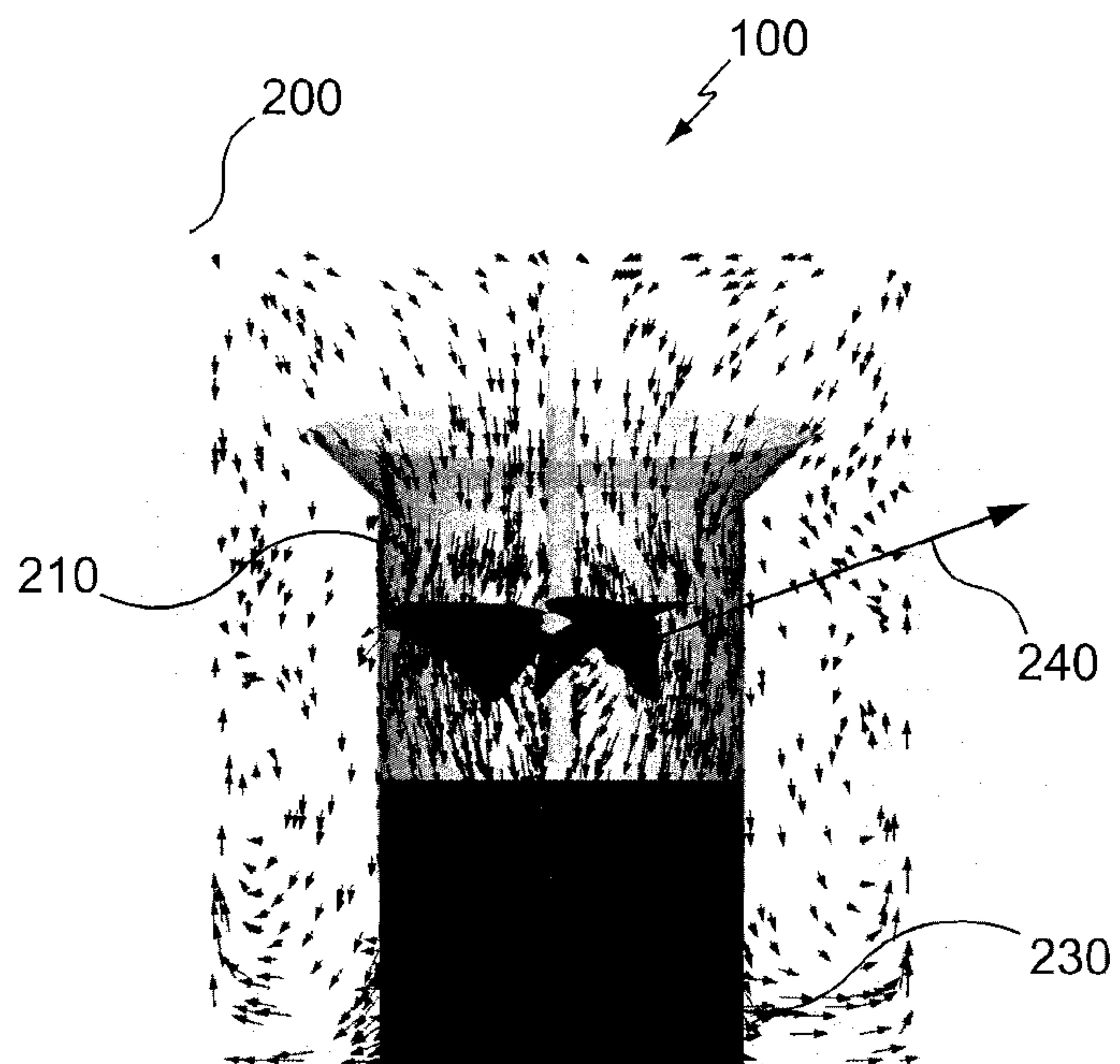


Fig. 2

2/9

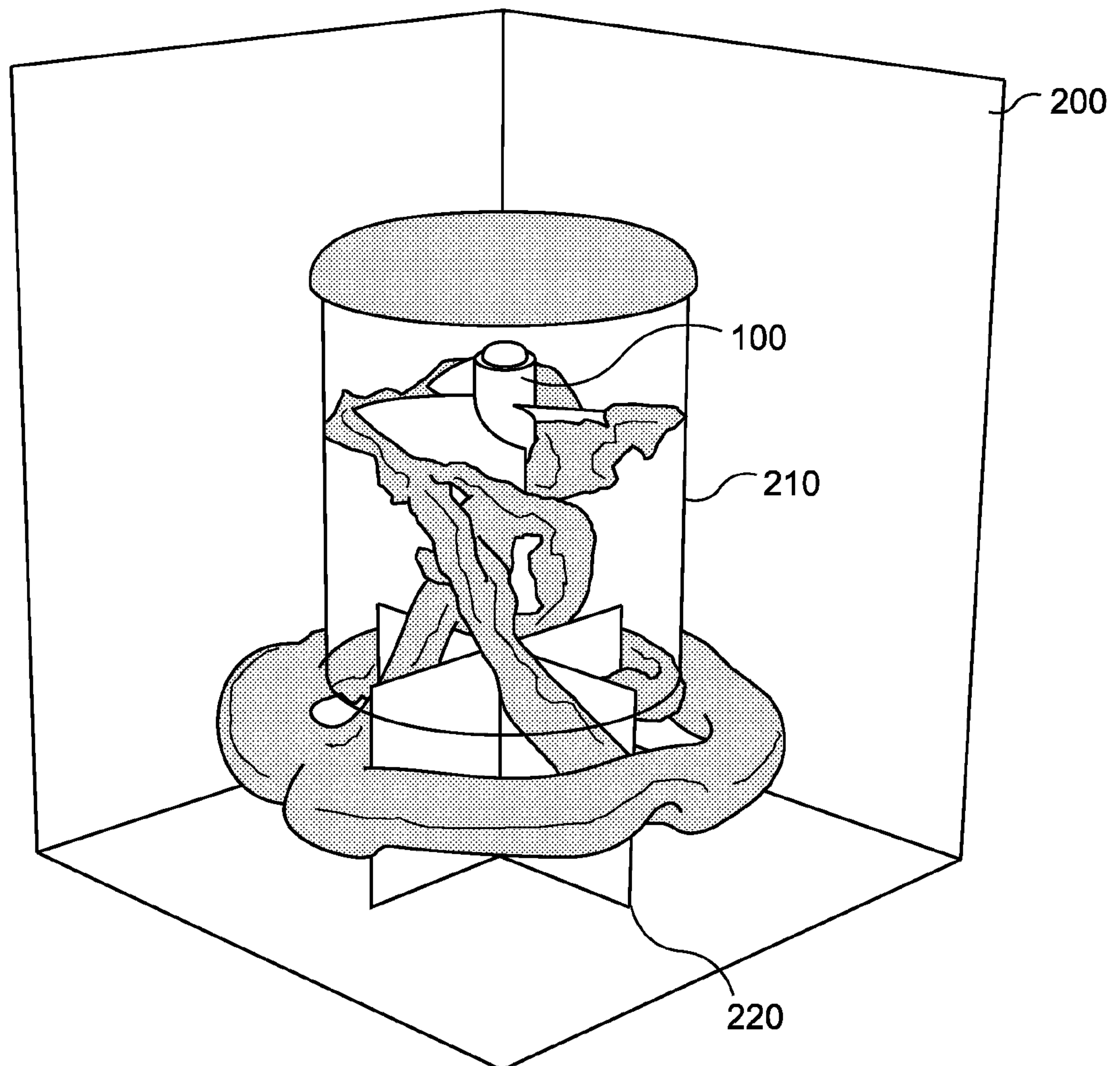


Fig. 4

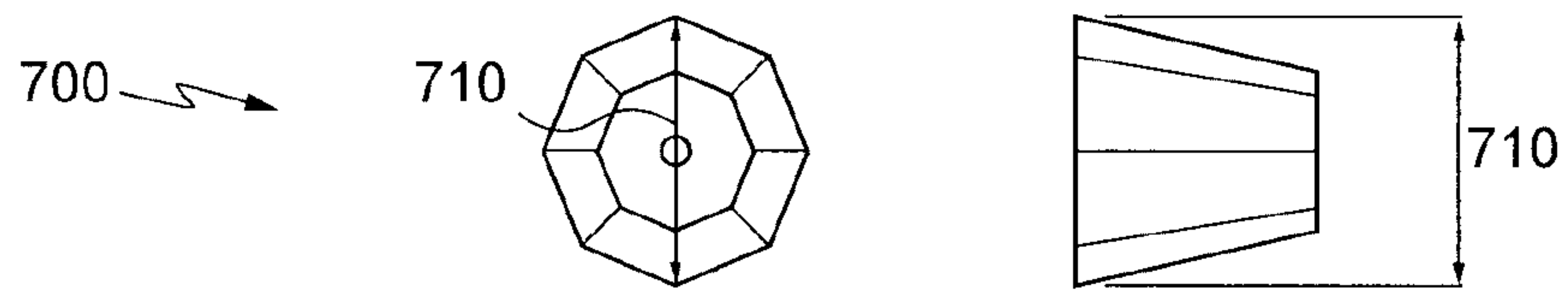


Fig. 5

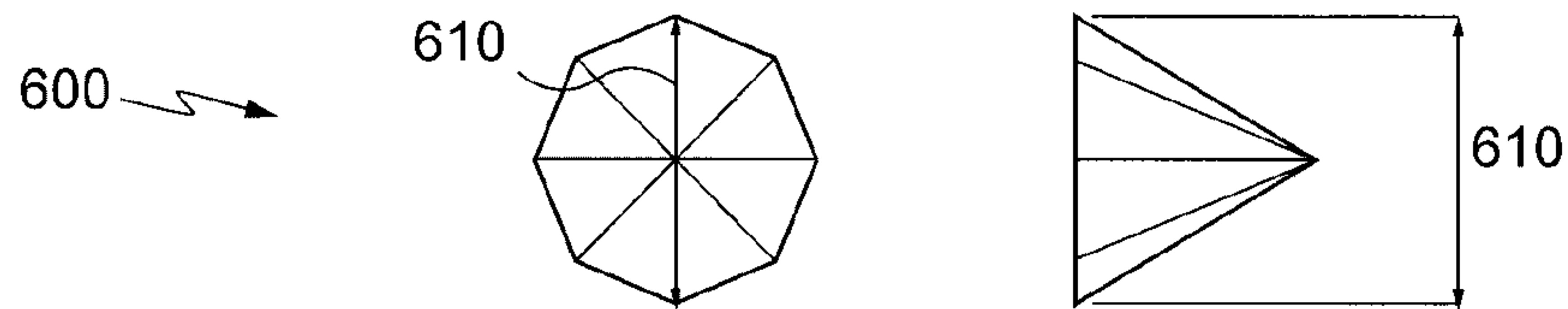


Fig. 6

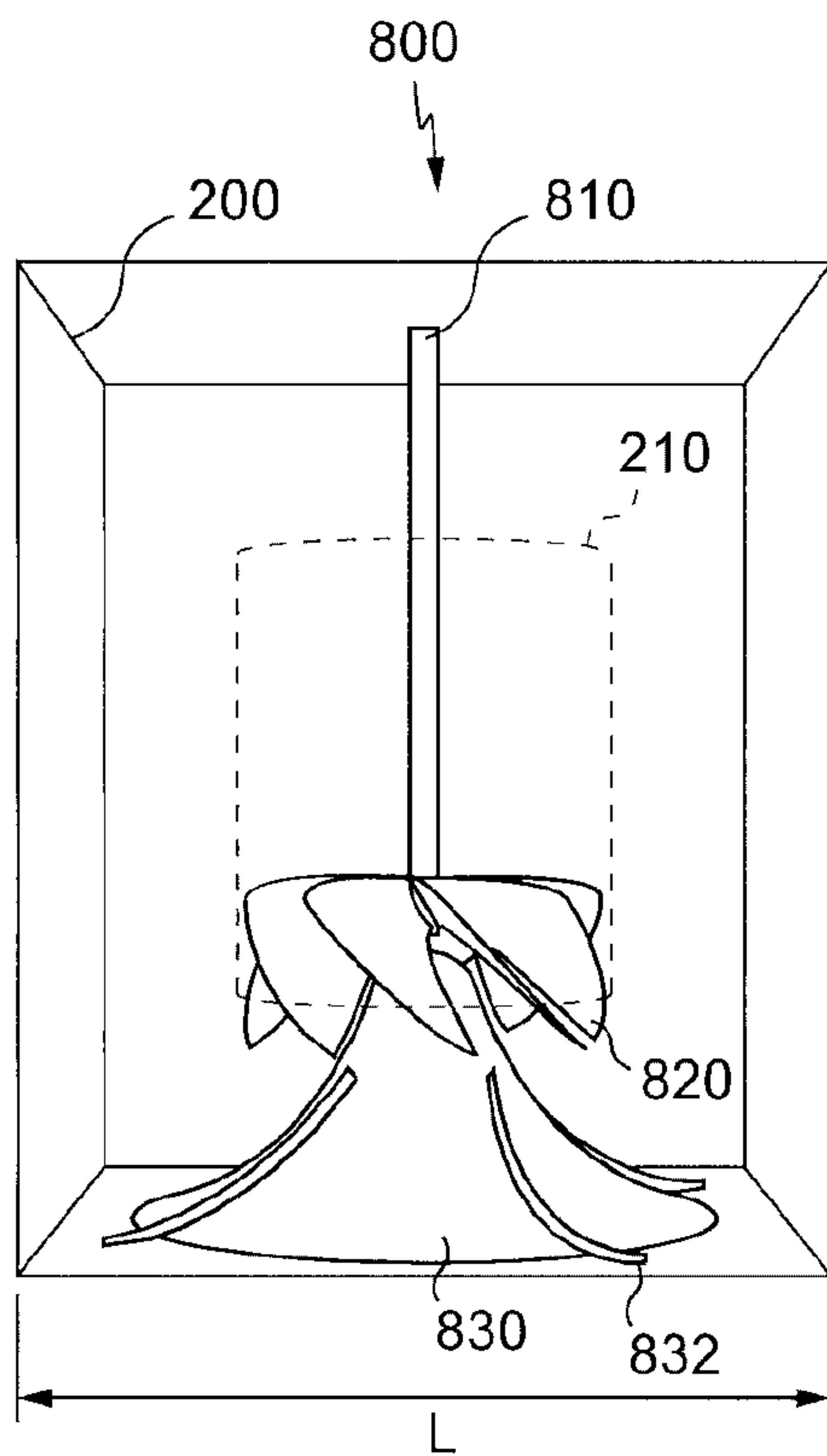


Fig. 7

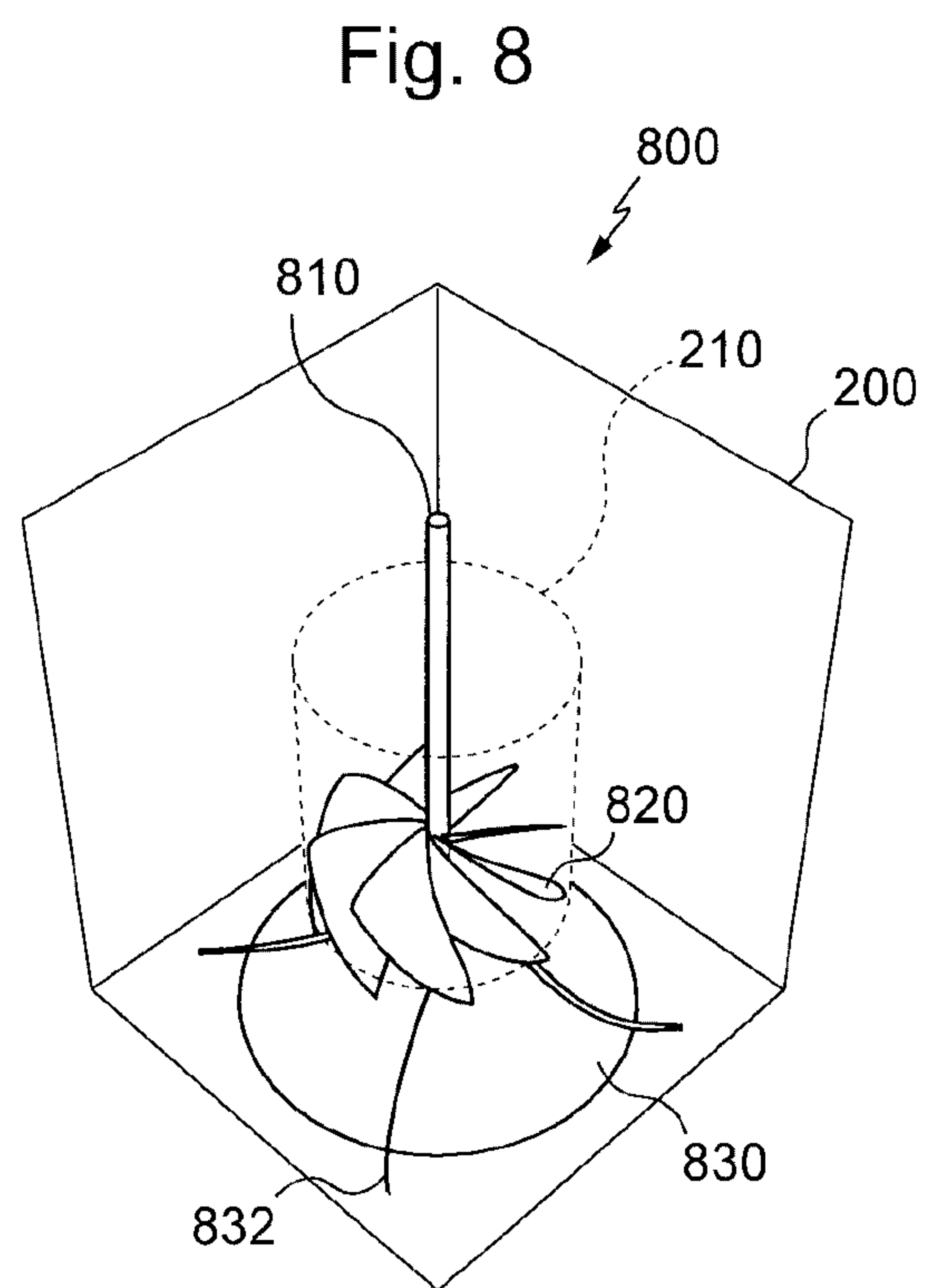
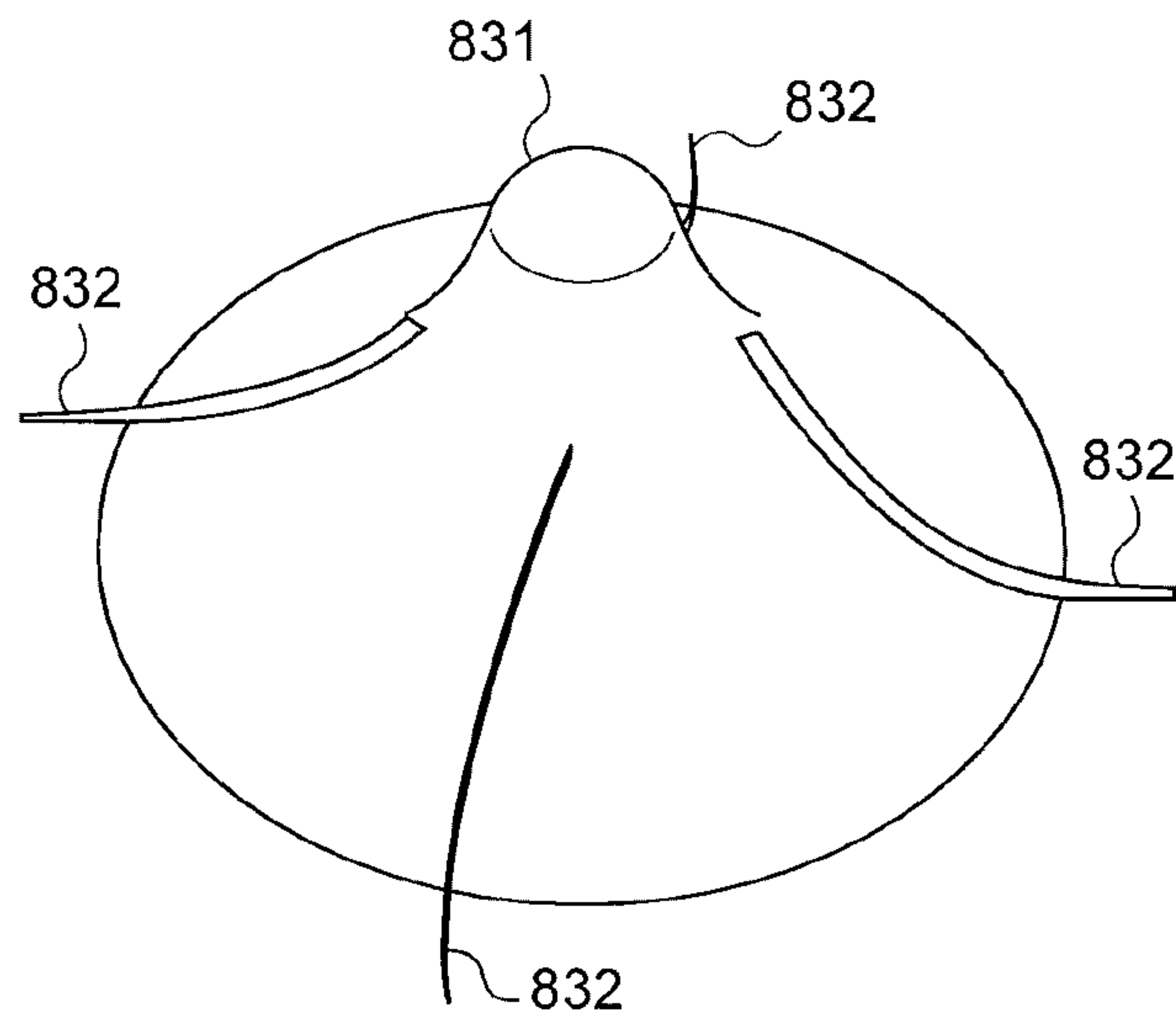
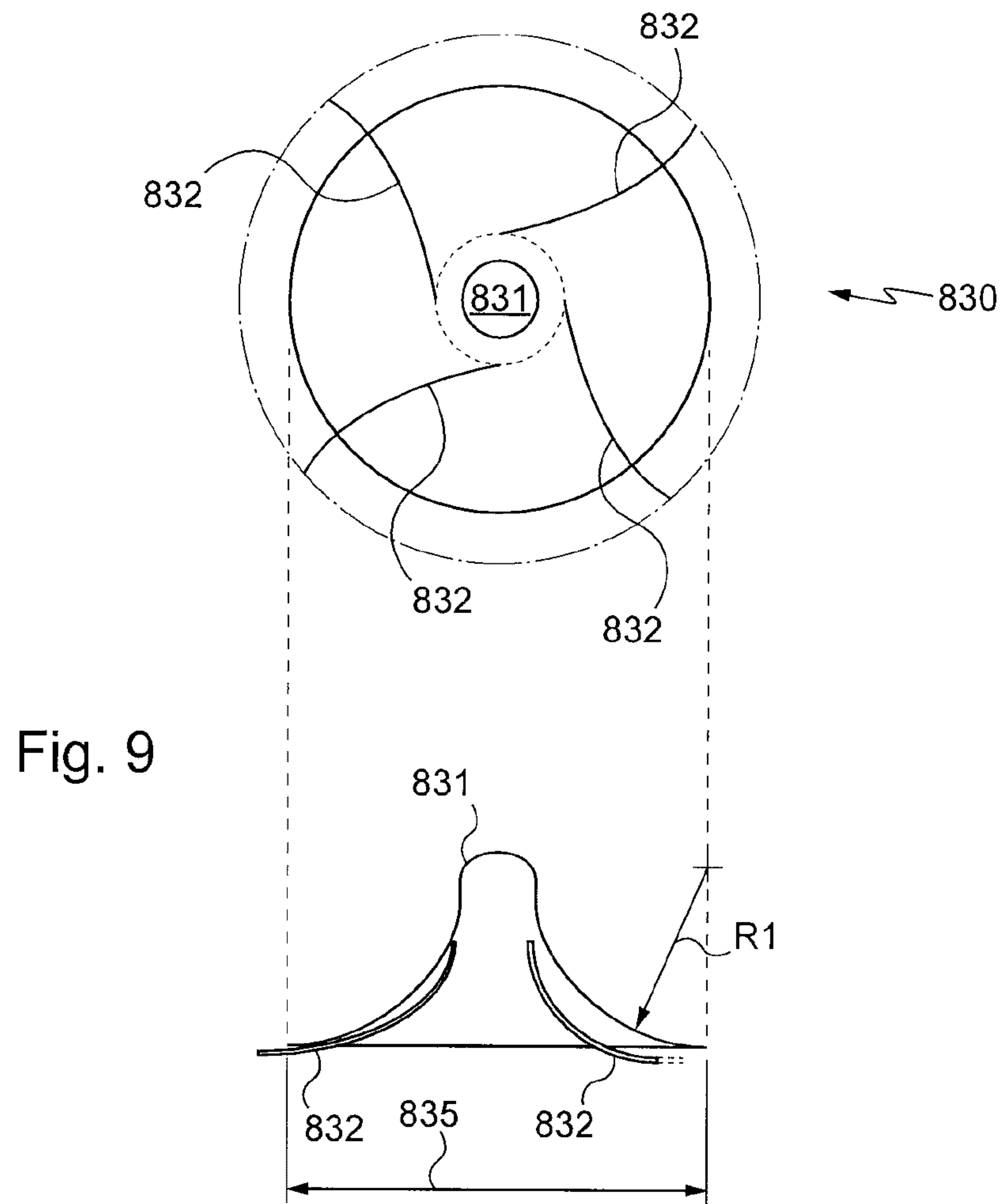
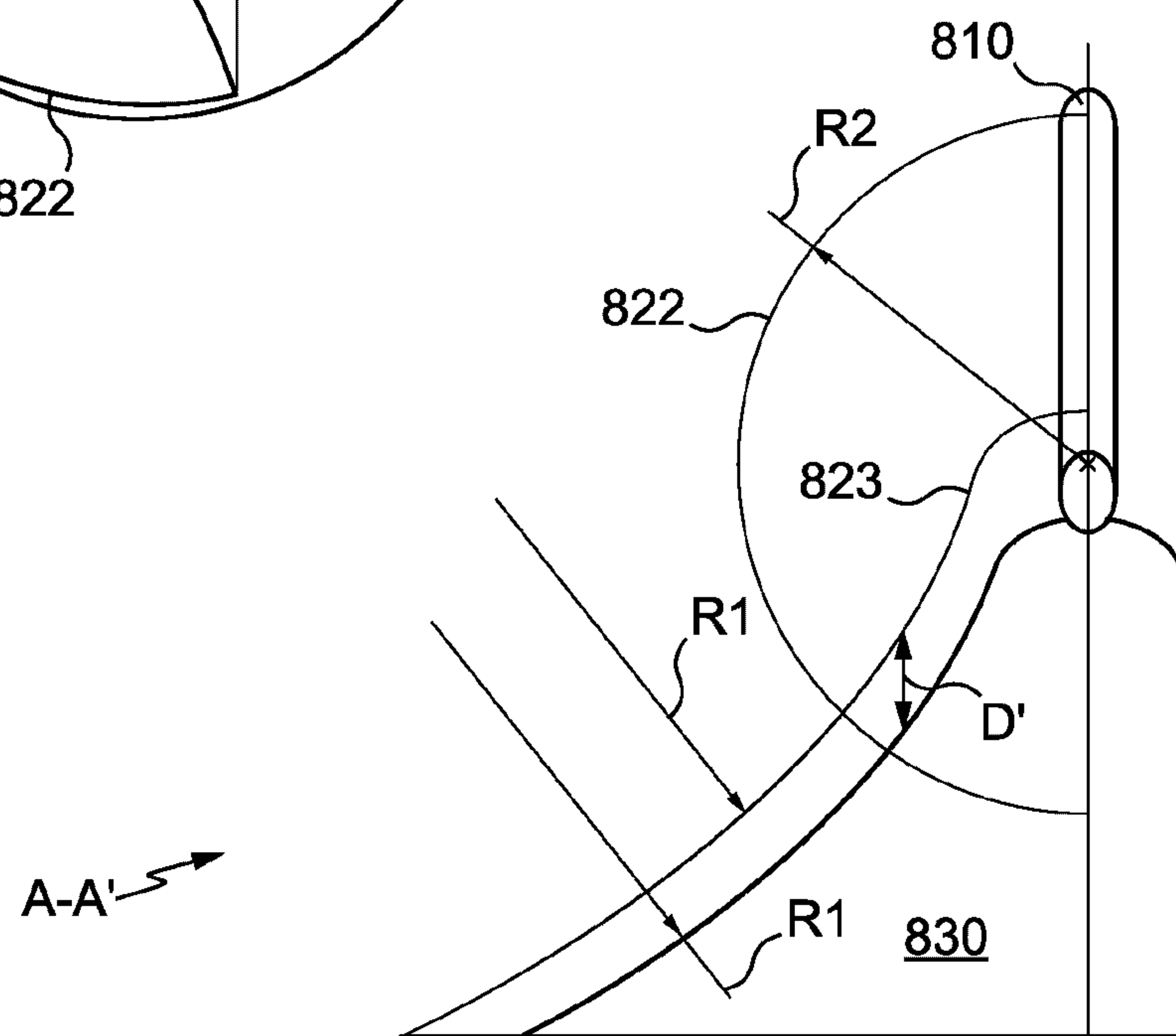
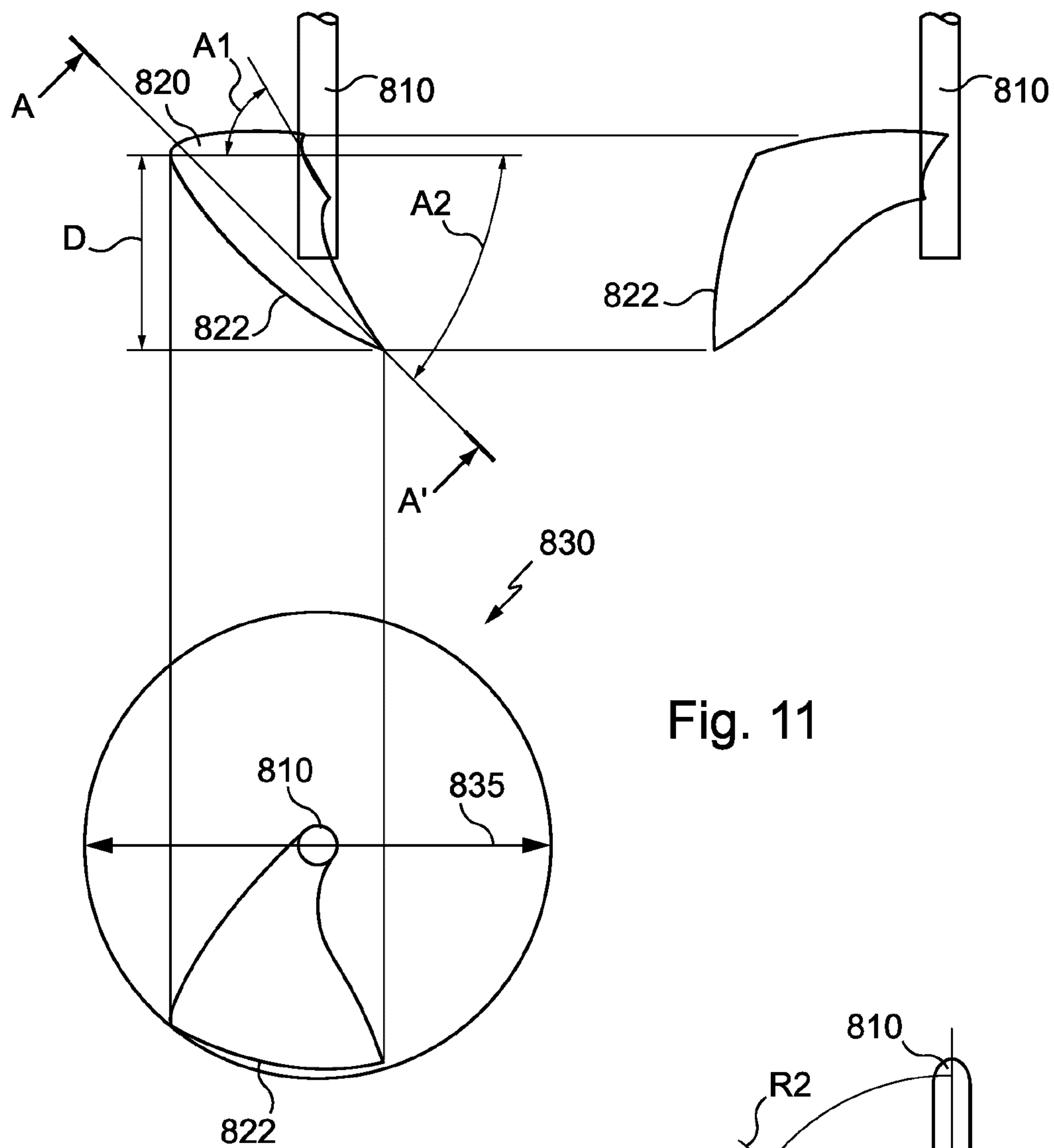


Fig. 8



5/9



6/9

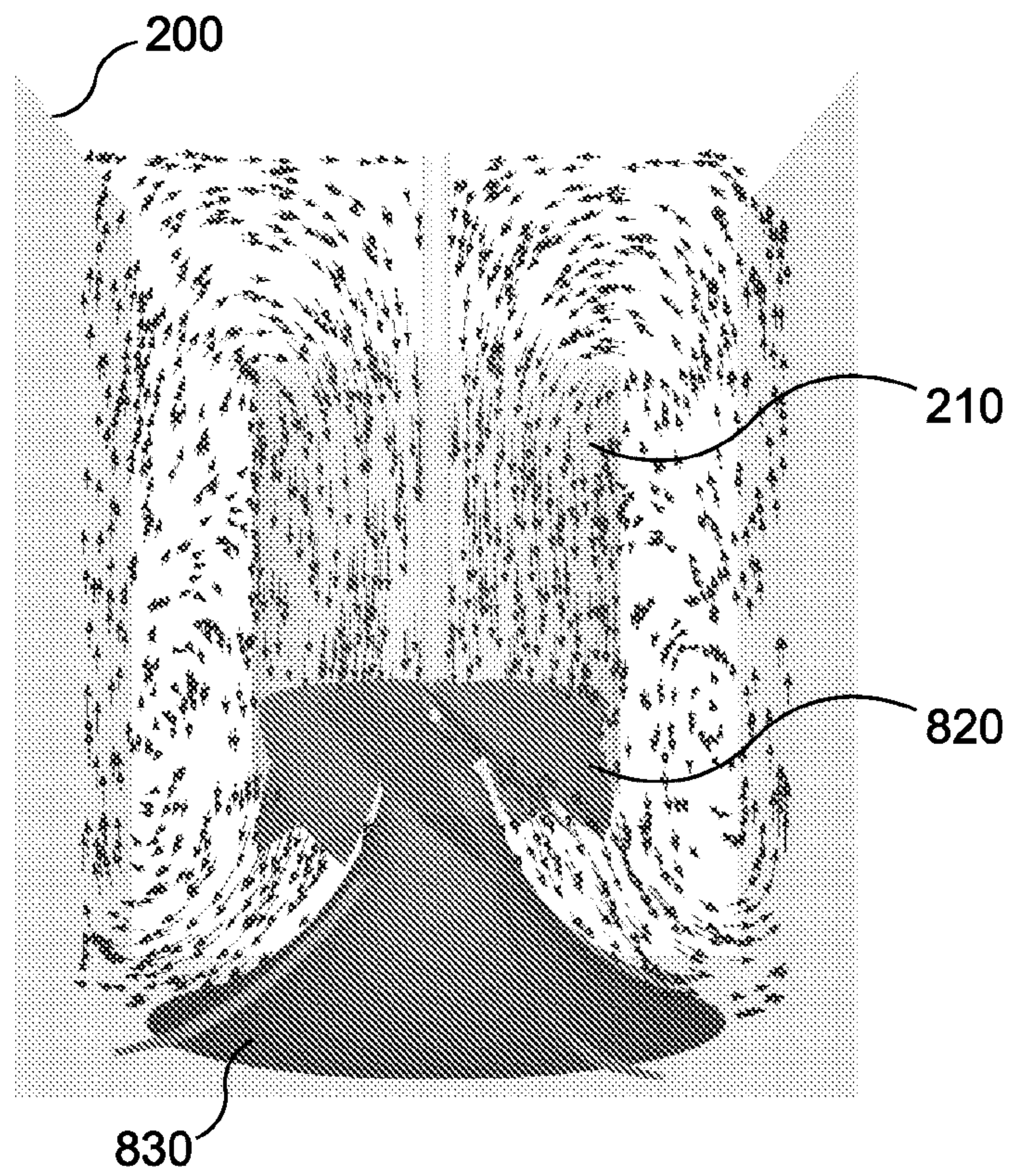


Fig. 13

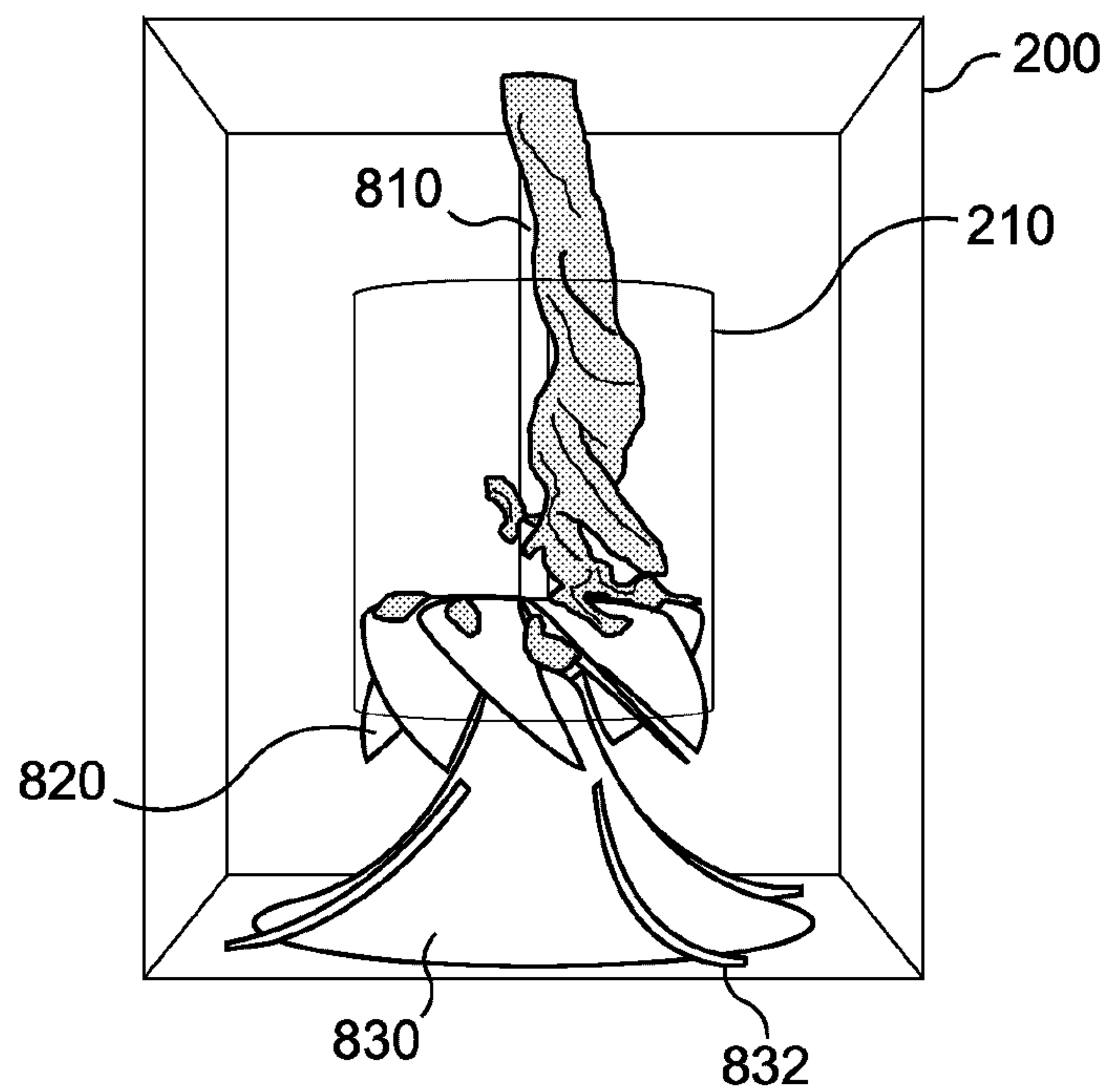


Fig. 14

7/9

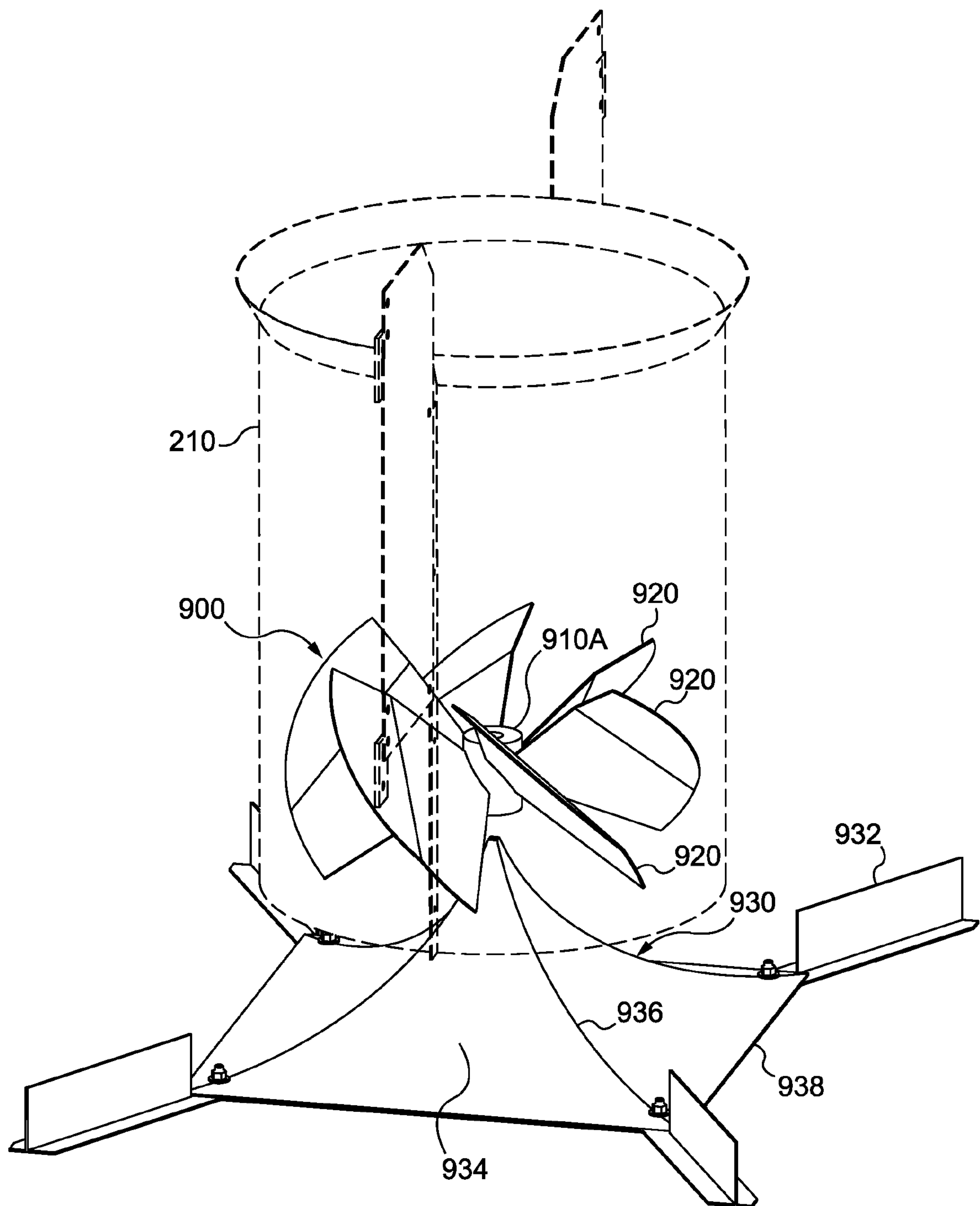


Fig. 15

8/9

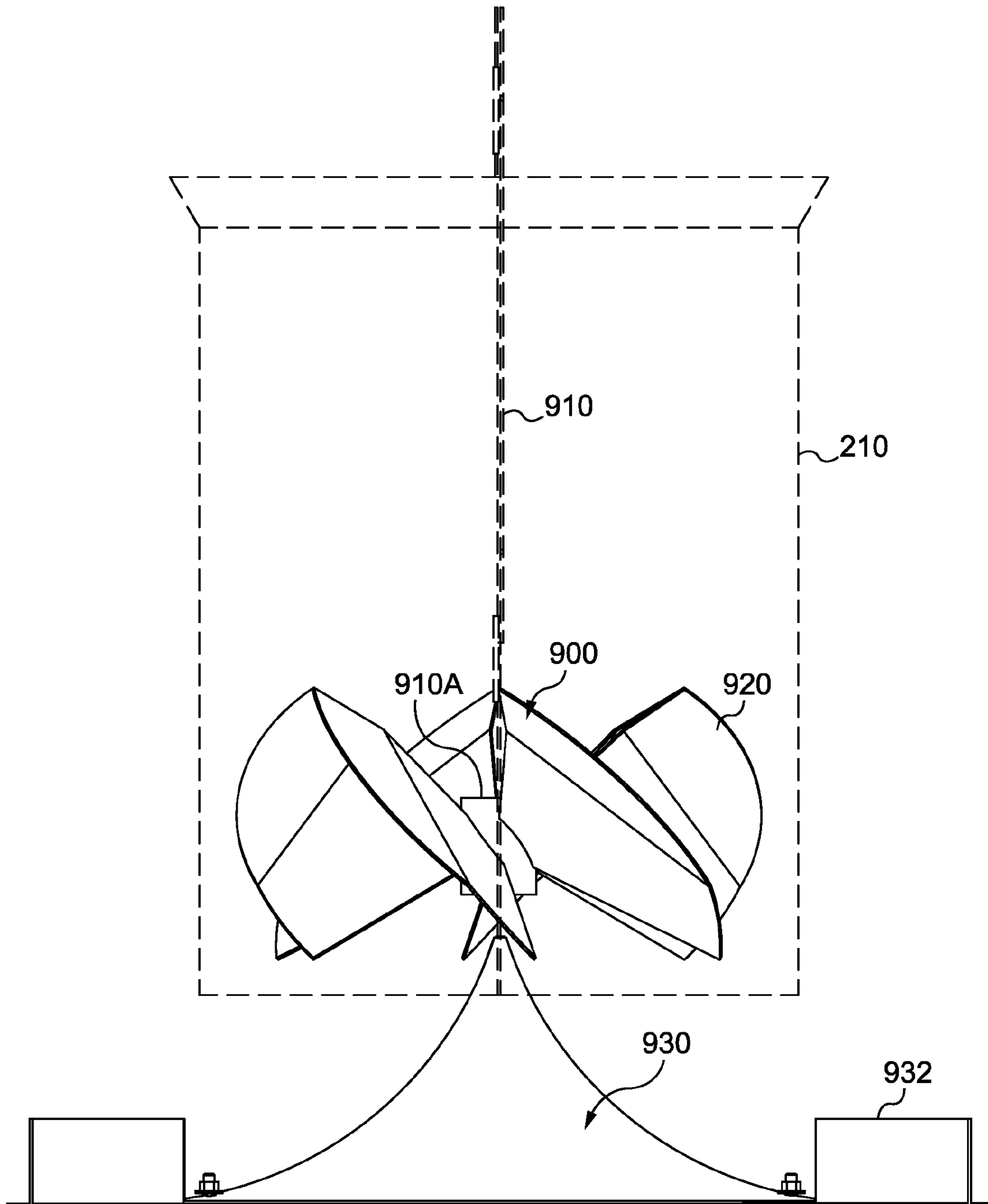


Fig. 16

9/9

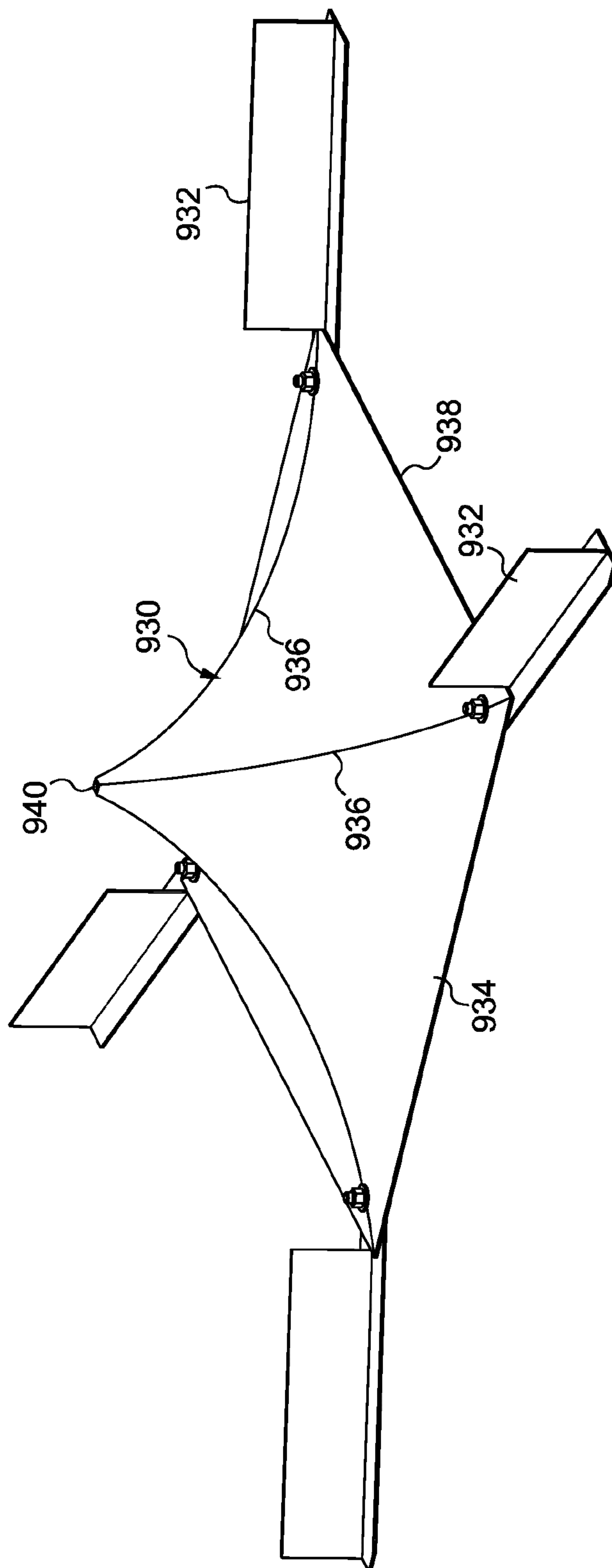


Fig. 17

