

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: **88400890.5**

51 Int. Cl.4: **B 04 B 5/12**

22 Date de dépôt: **13.04.88**

30 Priorité: **17.04.87 FR 8705520**

43 Date de publication de la demande:
19.10.88 Bulletin 88/42

84 Etats contractants désignés:
BE CH DE ES GB IT LI NL

71 Demandeur: **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE**
31/33, rue de la Fédération
F-75015 Paris (FR)

Saget, Pierre Laurent
36, avenue de la Grande Armée
F-75017 Paris (FR)

72 Inventeur: **Saget, Pierre**
36, Avenue de la Grande Armée
F-75017 Paris (FR)

Ranger, Guy
1, rue Pablo Picasso
Cidex 8648 F-30330 Tresques (FR)

74 Mandataire: **Mongrédién, André et al**
c/o BREVATOME 25, rue de Ponthieu
F-75008 Paris (FR)

54 **Procédé et dispositif de séparation centrifuge d'un mélange de plusieurs phases.**

57 Le mélange est entraîné à travers un rotor sous l'effet combiné d'une chute de pression entre l'amont et l'aval de ce rotor et de la rotation de ce dernier. Selon l'invention, le rotor est constitué d'un empilement de disques jointifs (36) dont chacun est percé d'un ensemble de passages hélicoïdaux (62). Chacun de ces passages (62) est limité par des parois solides (64, 66, 68, 70) et débouche sur les faces amont (37) et aval (39) du disque (36) par des ajourages d'entrée (63) et de sortie (65) respectivement. Un ajourage de sortie (63) sur un disque donné est situé exactement en face d'un ajourage d'entrée (65) du disque suivant.

Application à la séparation des constituants d'un mélange.

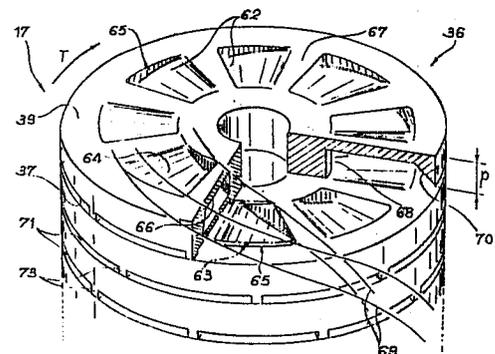


FIG. 6

Description

PROCÉDE ET DISPOSITIF DE SEPARATION CENTRIFUGE D'UN MELANGE DE PLUSIEURS PHASES

La présente invention a pour objet un procédé et un dispositif de séparation utilisant la force centrifuge pour séparer les constituants non miscible d'un mélange de phases diverses, par exemple : gaz dans liquide, liquide dans gaz, liquide dans liquide, solide dispersé dans un gaz ou dans un liquide, ou tout autre combinaison de produits qui ne sont pas totalement miscibles les uns avec les autres.

On connaît à l'heure actuelle des procédés et des dispositifs de séparation centrifuge dans lesquels le mélange à traiter est entraîné en rotation à travers un rotor afin de créer un champ centrifuge intense à l'intérieur du mélange.

La vue en coupe de la figure 1 ci-jointe illustre un tel ensemble de séparation centrifuge.

Celui-ci, portant la référence générale 10, comporte d'abord une enceinte 12 sensiblement cylindrique et disposée verticalement, le mélange à traiter arrivant à la partie inférieure de cette enceinte par une conduite 14. Le dispositif de centrifugation proprement dit, portant la référence 16, se trouve au-dessus de l'enceinte 12. Il est entraîné en rotation par un ensemble moteur 18 relié au dispositif 16 par un système de paliers 20. Un tuyau 22 permet de créer une chute de pression à travers le dispositif 16 grâce à un ventilateur (non représenté) et d'extraire le mélange qui est passé à travers le dispositif de centrifugation 16. Eventuellement, une partie du mélange extrait par le tuyau 22 peut être recyclée grâce à un tuyau 24 débouchant dans la conduite 14. Les poussières ou phases lourdes qui ont été séparées par le dispositif 16 retombent dans un espace 26 entourant au moins partiellement l'enceinte 12 et, de-là, tombent dans un cyclone ou autre dispositif équivalent 26 par l'intermédiaire d'une conduite 28. Un tuyau 30 à la partie inférieure du cyclone 26 permet d'évacuer les poussières ou phases lourdes, tandis qu'une partie du gaz passant dans le cyclone 26 peut être renvoyée dans la conduite 14 (dans l'exemple illustré ici, cette dernière est disposée de manière à relier la partie supérieure du cyclone 26 à la partie inférieure de l'enceinte 12). On voit encore sur la figure 1 que la conduite 14 débouche tangentiellement à la base de l'enceinte 12, ce qui imprime déjà au mélange un mouvement hélicoïdal qui permet une première séparation de certains constituants, ceux-ci étant évacués par une conduite 32 prévue à la partie inférieure de l'enceinte 12. Eventuellement, un filtre 34 peut être prévu immédiatement audessous du dispositif 16, c'est-à-dire en amont de celui-ci si l'on considère le sens d'écoulement du mélange à travers ce dispositif.

Celui-ci peut comporter, comme décrit par exemple dans le document FR-A-2 468 410, un empilement de disques 17 agencés de sorte qu'une chute de pression entre l'amont et l'aval de l'empilement entraîne le passage du mélange à travers cet empilement suivant des veines hélicoïdales. Eventuellement, on peut prévoir un distributeur rotatif d'entrée 19 en amont de l'empilement de disques 17

et un redresseur 21 immédiatement en aval de cet empilement.

L'empilement décrit dans le document FR-A-2 468 410 est illustré aux figures 2 et 3 ci-jointes. La figure 2 est une coupe développée de l'empilement de disques et la figure 3 une coupe suivant la ligne III-III de la figure 2. L'empilement se compose d'une série de disques 36 constitués chacun par une plaque mince située à une certaine distance des disques adjacents amont et aval. Chaque disque 36 comporte un certain nombre d'ajourages 38 décalés angulairement les uns des autres et disposés en quinconce d'un disque au suivant. C'est ainsi qu'une partie pleine 40a du disque 36a (figure 2) se trouve immédiatement au-dessous d'un ajourage 38b du disque 36b. On constate que, même si cet empilement ne tourne pas, l'existence d'une chute de pression entre l'amont et l'aval de cet empilement de disques entraîne le passage du mélange suivant des veines hélicoïdales. Cette chute de pression peut être obtenue par tout moyen connu, par exemple un ventilateur placé à la sortie du rotor de manière à créer une dépression en aval de celui-ci ou par un ventilateur placé en amont de manière à créer une surpression en amont. Dans la présente description, les expressions "amont" et "aval" doivent être entendues par rapport au sens d'écoulement du mélange à traiter à travers le rotor.

Dans le cas particulier de la figure 2, on constate expérimentalement que les veines gazeuses s'écourent suivant des trajectoires hélicoïdales. Cependant, une veine de mélange sortant d'un ajourage d'un disque de rang n ne traverse pas l'ajourage placé immédiatement en avant du disque n + 1, mais l'ajourage suivant.

Si la distance entre deux disques consécutifs est égale à la largeur des ajourages, la pente des veines par rapport aux disques est égale à 1/3.

Le mélange est divisé en un certain nombre de veines vives 42 passant à travers les ajourages 38 des disques 36. Entre les veines vives 42 se trouvent des veines mortes 44 dans lesquelles le gaz ne s'écoule pas de manière continue, mais où l'on note la présence de tourbillons 46.

On voit encore sur la figure 2 qu'on a prévu des rebords 48 perpendiculaires au plan des disques le long du bord avant de chaque ajourage 38. Les mots "avant" et "arrière" doivent être entendus par rapport au sens d'écoulement du mélange à travers les disques. Ces rebords jouent le rôle de pales qui accélèrent l'entraînement du mélange lorsque le rotor est mis en rotation. La hauteur des rebords 48 est égale au tiers de la distance entre deux disques consécutifs. Cette condition est nécessaire pour que les veines vives 42 puissent s'écouler normalement à travers le rotor. En effet, si la hauteur du rebord était plus grande, il pénétrerait dans la zone de circulation, c'est-à-dire dans une veine 42 et perturberait fortement celle-ci, réduisant le débit et altérant fortement les caractéristiques d'épuration.

Pour que celle-ci reste bonne, les écoulements à travers le rotor doivent être sensiblement laminaires. Si au contraire le rebord était trop court, la rotation du rotor au fluide serait mal transmise et celui-ci glisserait alors vers l'arrière par rapport au rotor. On aurait également une perturbation très importante de la qualité d'épuration, les veines circulantes étant mal définies et largement turbulentes.

On constate que, lorsqu'on crée une chute de pression entre l'amont et l'aval du rotor et qu'en plus on entraîne celui-ci en rotation, le mélange traverse le rotor avec une vitesse angulaire supérieure à celle de ce dernier. On constate également qu'un champ centrifuge intense est créé à l'intérieur des veines vives 42, entraînant l'évacuation de la ou des phases lourdes vers la périphérie du rotor. Un champ centrifuge est également créé à l'intérieur des veines tourbillonnaires 44, mais il est moins intense. Comme ces veines sont en outre le siège de nombreux tourbillons, l'évacuation et la séparation sont moins bonnes que dans les veines vives 42. De plus, on constate des dépôts transitoires sur les disques, sur les faces amont et aval des parties pleines 40 séparant les ajourages 38, au voisinage du rebord 48 et sur la face arrière de celui-ci.

Cependant, ces dépôts sont provisoires et finissent par être évacués sous l'effet de la force centrifuge. Mais ils peuvent être plus ou moins importants et nécessiter l'arrêt de l'appareil pour le démontage du rotor en vue du nettoyage des disques.

Pour améliorer l'efficacité de séparation, on a proposé une solution illustrée sur la vue en section de la figure 4. Cette solution consiste à utiliser des disques qui ne sont plus perpendiculaires à l'axe de rotation du rotor, mais de forme conique divergeant vers l'amont : autrement dit, chaque disque fait un angle α avec un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor.

L'orientation des veines est perturbée et celles-ci se mélangent. Les phases lourdes présentes dans les veines tourbillonnaires sont éjectées plus efficacement que dans le cas de la figure 3 et rencontrent rapidement une surface solide sur laquelle elles s'agglomèrent et sont guidées progressivement vers la périphérie.

La présente invention a pour but d'améliorer encore la séparation en proposant un procédé et un dispositif de séparation centrifuge d'un mélange de plusieurs phases conduisant à une séparation plus efficace et plus sélective.

Elle a pour but d'engendrer dans le mélange un champ centrifuge très intense et beaucoup plus élevé que celui auquel est soumis le rotor qui est à l'origine du traitement. Grâce à cette caractéristique, la conception et la fabrication du rotor sont simplifiées et moins coûteuses que pour un dispositif de l'art antérieur conduisant à un champ centrifuge de même intensité. Des techniques de production de série, comme la fonderie ou l'emploi de matières plastiques, deviennent alors envisageables.

Un autre objet de l'invention est d'améliorer l'efficacité de séparation de phases ayant des masses spécifiques très voisines, ainsi que l'évacua-

tion des produits séparés hors de la zone de traitement sans risque de remélange.

Elle a également pour but de réduire à une valeur minimale l'énergie nécessaire pour l'accélération des mélanges à traiter grâce à un dispositif efficace de récupération d'énergie cinétique à la sortie du rotor.

Elle permet éventuellement, lorsque le fluide porteur est gazeux, d'abaisser sa température par détente à l'entrée du rotor, ce qui peut être utilisé pour conduire à la condensation et à l'évacuation sous forme liquide d'une phase initialement gazeuse.

Plus précisément, l'invention a pour objet un procédé de séparation centrifuge d'un mélange de plusieurs phases comprenant au moins une phase lourde dans lequel on fait passer le mélange à travers un rotor tournant à une vitesse donnée, le mélange étant divisé en une pluralité de veines parallèles s'écoulant à travers le rotor suivant des trajectoires hélicoïdales et étant entraîné à une vitesse angulaire supérieure à celle du rotor. Ceci a pour effet de créer un champ centrifuge à l'intérieur des veines, ce qui permet l'éjection de la phase lourde.

Selon l'invention, les veines sont limitées par des parois solides liées au rotor, un champ centrifuge étant ainsi créé à la surface de ces parois solides, et la phase lourde éjectée sous l'action du champ centrifuge régnant dans les veines est collectée sur des éléments piège associés aux parois solides ; de plus, elle est guidée vers la périphérie du rotor par des dispositifs de guidage associés à ces parois, la phase lourde s'acheminant vers la périphérie du rotor sous l'effet du champ centrifuge créé à la surface de ces parois.

Selon une autre caractéristique du procédé objet de l'invention, pour entraîner le mélange en rotation, on le soumet d'une part à l'action d'entraînement en rotation du rotor et, d'autre part, à une chute de pression entre l'amont et l'aval du rotor, celui-ci étant agencé de sorte que cette chute de pression entraîne le passage du mélange à travers le rotor suivant des trajectoires hélicoïdales.

Selon un autre aspect de l'invention, l'écoulement hélicoïdal du mélange est transformé en écoulement axial en aval du rotor.

Selon un autre aspect avantageux de l'invention, l'énergie cinétique de rotation du mélange est récupérée à la sortie du rotor pour entraîner celui-ci en rotation.

L'invention a également pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé. Ce dispositif comporte, de manière connue :

- un rotor à travers lequel le mélange à traiter peut passer,
- des moyens pour créer une chute de pression à travers ce rotor, celui-ci étant agencé de sorte que le mélange le traverse en suivant des veines hélicoïdales sous l'effet de cette chute de pression, et
- des moyens d'entraînement du rotor en rotation autour d'un axe.

Selon l'invention, le rotor comporte :

- des parois solides limitant lesdites veines hélicoïdales,

- des éléments pièges, associés à ces parois, pour collecter ladite phase lourde, et
 - des éléments de guidage associés à ces parois, pour guider ladite phase lourde vers la périphérie du rotor.

Selon un mode de réalisation particulier, le rotor comporte un ensemble de disques jointifs dont l'axe est confondu avec l'axe de rotation du rotor, chaque disque présentant une face amont et une face aval et comportant au moins un canal de circulation du mélange disposé suivant une portion d'hélice et limité par des parois solides, ce canal débouchant sur la face amont par un ajourage d'entrée et sur la face aval par un ajourage de sortie. Dans ce cas, l'ajourage de sortie d'un canal ménagé dans un disque donné se trouve immédiatement en face de l'ajourage d'entrée d'un canal ménagé dans le disque suivant, lesdits ajourages ayant la même forme.

Ainsi, on crée à travers le rotor des canaux de circulation continus de forme hélicoïdale et limités par des parois solides.

Quant à l'expression "disques jointifs", elle signifie que deux disques consécutifs de l'empilement sont en contact l'un avec l'autre sur au moins une partie de leur surface. Comme on le verra plus loin, dans un mode de réalisation préféré, les disques sont en contact périphérique grâce à des plots ménagés sur la face amont de l'un et qui reposent sur la face aval de l'autre, ces plots étant séparés par des fentes permettant l'extraction de certaines particules.

Selon un mode de réalisation, ledit canal étant de forme hélicoïdale par rapport à l'axe du rotor et étant limité par une paroi inférieure, une paroi supérieure et deux parois latérales, ces dernières étant concentriques à l'axe du rotor, la paroi inférieure et/ou la paroi supérieure comporte(nt) des rainurages dont les arêtes sont disposées radialement par rapport au disque.

Selon un autre mode de réalisation, toujours dans le cas où les canaux sont de forme hélicoïdale et limités par une paroi inférieure, une paroi supérieure et deux parois latérales, ces dernières étant concentriques à l'axe du rotor, la paroi inférieure et/ou la paroi supérieure présente(nt) au moins un élément proéminent disposé suivant une portion d'hélice par rapport à l'axe du rotor.

Les faces amont et aval de chaque disque peuvent être planes et perpendiculaires à l'axe du rotor. Cependant, dans une autre réalisation, les faces amont et aval de chaque disque peuvent être conçues de manière à présenter une partie en forme de tronc de cône de même angle au sommet et divergeant vers l'amont par rapport au sens d'écoulement du mélange à travers le rotor.

Dans un autre mode de réalisation, chaque disque a la forme d'un boîtier circulaire creux comportant :

- un ajourage d'entrée sur sa face amont,
- un ajourage de sortie sur sa face aval,
- des moyens de guidage contraignant le mélange à effectuer au moins un tour complet à l'intérieur du disque entre ces deux ajourages,
- un ensemble d'éléments en forme de troncs de cône, situés à l'intérieur du boîtier et divergeant vers

l'amont, et

- une fente périphérique pour l'éjection de la phase lourde.

Ce dispositif peut comporter en outre, en amont du rotor, un distributeur rotatif comprenant un ensemble d'aubes orientées du centre vers la périphérie et dont la concavité s'ouvre vers l'aval, chaque aube ayant un bord de fuite dont l'inclinaison correspond à la pente desdites veines hélicoïdales par rapport au rotor. Selon un mode de réalisation préférentiel, les bords de fuite des aubes sont solidaires du premier disque amont du rotor et coïncident avec les bords arrière des ajourages prévus sur la face amont de ce disque.

Le dispositif peut également comporter, en aval du rotor, un redresseur comprenant un ensemble d'aubes orientées du centre vers la périphérie et dont la concavité s'ouvre vers l'amont, chaque aube ayant un bord d'attaque dont l'inclinaison par rapport au rotor correspond à la pente desdites veines hélicoïdales. Avantagement dans ce cas, les bords d'attaque des aubes coïncident avec les bords avant des ajourages de sortie du dernier disque aval du rotor.

Selon un autre aspect de l'invention, le rotor est placé à l'intérieur d'une enceinte ayant une surface interne qui diverge vers l'amont.

Dans un premier mode de réalisation, la surface interne de l'enceinte est lisse et de forme générale conique divergeant vers l'amont.

Selon un autre mode de réalisation, utilisable lorsque le rotor est constitué d'un empilement de disques, la surface interne de l'enceinte présente un ensemble de parties circulaires dont chacune est en regard du bord latéral d'un disque du rotor, le diamètre desdites parties circulaires allant croissant de l'aval vers l'amont. Dans ce cas, la distance entre le bord d'un disque et la face interne de l'enceinte peut être constante ou croître régulièrement de l'aval vers l'amont.

L'invention apparaîtra mieux à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple purement illustratif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe verticale de l'ensemble d'un système de séparation centrifuge dans lequel peut être utilisé le dispositif de l'invention,

- la figure 2 est une vue schématique en coupe développée du rotor décrit dans le document FR-A-2 468 410,

- la figure 3 est une section suivant la ligne III-III de la figure 2,

- la figure 4 est une vue semblable à la figure 3 dans le cas où les disques présentent une partie conique,

- la figure 5 est une vue schématique en coupe et en perspective d'un dispositif de séparation centrifuge conforme à l'invention,

- la figure 6 est une vue schématique en perspective d'un empilement de disques utilisés dans le dispositif de l'invention, les faces amont et aval des disques étant perpendiculaires à l'axe de rotation du rotor,

- la figure 7 est une vue semblable à la figure 6

dans le cas où les faces amont et aval des disques présentent une partie conique,

- la figure 8 est une vue schématique en perspective d'un disque tel que ceux illustrés à la figure 6 montrant comment on peut prévoir des rainurages sur les parois supérieures et inférieures des canaux hélicoïdaux ménagés dans les disques,

- les figures 9a à 9d sont des vues en coupe développée montrant diverses formes possibles pour ces rainurages,

- la figure 10 est une vue schématique en perspective semblable à la figure 8 montrant une autre forme possible pour les éléments proéminents prévus sur les parois supérieures et inférieures des canaux hélicoïdaux,

- la figure 11 est une vue schématique en coupe et en perspective montrant une autre forme de réalisation possible d'un disque utilisé dans le dispositif objet de l'invention, et

- la figure 12 est une vue schématique en coupe d'un empilement de disques semblables à celui qui est illustré à la figure 11, certains disques étant représentés coupés suivant un secteur seulement.

Si l'on se reporte à la figure 5, on voit que le dispositif objet de l'invention se trouve à l'intérieur d'une enceinte 50. Le rotor se compose essentiellement d'un empilement 17 de disques 36 montés sur un axe 52. Celui-ci peut être mis en rotation par un moteur (non représenté sur la figure 5). Dans le cas particulier décrit ici, l'axe 52 est vertical, mais on ne sortirait pas du cadre de l'invention en disposant cet axe suivant une autre direction, horizontale ou oblique. Un ventilateur 54 placé au-dessus de l'empilement 17 permet de créer une chute de pression à travers le rotor. Ce ventilateur peut être constitué d'un ensemble de pales 56 montées sur l'axe 52 et rendues solidaires de celui-ci, le gaz ou le mélange étant évacué par une tubulure tangentielle 58. Le ventilateur 54 est logé à l'intérieur d'une volute 60 reliée à l'enceinte 50 par un raccord convergent 62. La tubulure tangentielle 58 permet d'évacuer le mélange traité exempt de phases lourdes.

Bien entendu, le ventilateur peut être d'un autre type, par exemple un ventilateur axial, et peut être remplacé par un compresseur disposé en amont. L'essentiel est de disposer d'un appareil permettant de créer une chute de pression à travers le rotor, de l'amont vers l'aval en considérant le sens d'écoulement du mélange. Dans le cas où ce dernier est un liquide, on peut utiliser une pompe aspirante ou refoulante pour créer cette chute de pression. Dans certains cas particuliers, le dispositif destiné à assurer la circulation du mélange à travers le rotor peut être extérieur à l'enceinte et entraîné par un moteur indépendant.

On voit, à la partie inférieure de la figure 5, l'enceinte 12 à l'intérieur de laquelle circule le mélange à traiter avant d'arriver au rotor ; l'espace 26 entre l'enceinte 12 et l'enceinte 50 sert à l'évacuation des phases lourdes éjectées sous l'effet des champs centrifuges créés à l'intérieur du mélange et retombant par gravité.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

On voit également le distributeur rotatif 19 prévu à la partie inférieure de l'empilement de disques, c'est-à-dire en amont du rotor. Ce distributeur est constitué d'un ensemble d'aubes 23 disposées de manière à dévier le mélange circulant sous l'effet de cette chute de pression suivant des trajectoires hélicoïdales. Pour cela, chaque aube a une concavité orientée vers l'aval si l'on considère le sens d'écoulement du mélange et chaque aube a un bord de fuite (non visible sur la figure 5) dont l'inclinaison par rapport à l'axe du rotor est égale à la pente des veines hélicoïdales du mélange dans le rotor. De préférence, ce bord de fuite coïncide avec le bord avant d'un ajourage d'entrée du premier disque amont à la partie inférieure de l'empilement 17 : ainsi, l'espace entre deux aubes successives du distributeur 19 constitue un cheminement continu avec le canal hélicoïdal dont l'ajourage d'entrée se trouve à cet endroit du disque. Ainsi, le distributeur 19 transforme la vitesse axiale du mélange en amont du rotor en vitesse hélicoïdale à travers le rotor en réduisant les turbulences et les pertes d'énergie correspondantes. De plus, par suite de la déviation qu'il crée, le distributeur 19 possède également une fonction de séparation primaire de phase lourde qu'il canalise vers la périphérie. La courbure de la concavité des aubes 23 et la conformation de leur bord d'attaque sont établies en fonction des caractéristiques aéro ou hydrodynamiques du mélange et du régime de fonctionnement.

De même, à la sortie du rotor, on peut prévoir un redresseur 21 constitué par une turbine à action ou à degré de réaction donné. Ce redresseur est constitué d'un ensemble d'aubes 27 dont la concavité est tournée vers l'amont, si l'on considère le sens d'écoulement du mélange à travers le rotor. Chaque aube 27 a un bord d'attaque qui coïncide avec le bord avant d'un ajourage de sortie sur la face aval du dernier disque de l'empilement 17 et l'inclinaison de ce bord d'attaque est égal à la pente des veines hélicoïdales suivant lesquelles le mélange circule à l'intérieur du rotor. Etant donné que le mélange circule suivant une trajectoire hélicoïdale, sa vitesse présente une composante tangentielle et une composante axiale. Le dessin de la concavité des aubes 27 est conçu de manière à annuler la composante tangentielle. Il ne reste donc plus que la composante axiale et le mélange sort du redresseur 21 en suivant une direction parallèle à l'axe 52.

Un autre aspect intéressant du redresseur 21 est que le mélange sortant du dernier disque à la partie supérieure du rotor a une certaine vitesse, donc à une certaine énergie cinétique. Cette énergie cinétique pousse le redresseur 21 dans le sens de rotation du rotor et contribue donc l'entraînement de celui-ci en rotation. Ceci permet de diminuer la puissance nécessaire du moteur d'entraînement de l'arbre 52. Les aubes 27 du redresseur 21 ont également une fonction de finition et guident les fractions séparées vers la périphérie. Dans l'exemple décrit ici, le rotor 17, le distributeur 19, le redresseur 21 et le ventilateur 54 sont montés sur le même arbre 52 et tournent donc en synchronisme. On ne sortirait cependant pas du cadre de l'inven-

tion en utilisant un montage où certains de ces éléments seraient entraînés indépendamment des autres. Ce dispositif est également utile pour assurer l'aspiration par le ventilateur 54 dans des conditions d'efficacité satisfaisantes. Dans le cas, en effet, où l'écoulement n'est pas redressé, et suivant un phénomène bien connu des professionnels, la composante de rotation du mélange altère très fortement les performances du ventilateur 54. La courbure de la concavité des aubes 27 et la conformation de leur bord de fuite sont déterminées en fonction des caractéristiques aéro ou hydrodynamiques du mélange et du régime de fonctionnement. De plus, la conformation des aubes 27 est telle que celles-ci canalisent vers la périphérie les traces résiduelles de phase lourde.

On voit encore sur la figure 5 que l'enceinte 50 présente une surface interne 51 qui diverge vers le bas, c'est-à-dire vers l'amont en considérant le sens d'écoulement du mélange à travers le rotor. Dans l'exemple décrit ici, la surface 51 présente un certain nombre de parties circulaires 53 dont la hauteur est égale à l'épaisseur de chaque disque. Il y a ainsi une surface 53 en regard du bord latéral de chaque disque.

Dans le cas particulier illustré à la figure 5, le diamètre des disques est constant et celui des parties 53 augmente de l'aval vers l'amont, ce qui fait que l'épaisseur de l'espace 26 augmente également de l'aval vers l'amont en considérant le sens d'écoulement du mélange à travers le rotor. Cependant, on ne sortirait pas du cadre de l'invention en utilisant des disques de diamètre variable afin que la distance entre le bord latéral d'un disque et les parties 53 de la surface 51 soit constante.

On ne sortirait pas non plus de cadre de l'invention en utilisant des disques dont le diamètre augmenterait de l'aval vers l'amont, mais moins vite que celui des parties 51, le diamètre de l'espace 26 augmentant ainsi, ou en utilisant une surface 51 lisse et de forme conique divergeant vers l'amont.

L'avantage majeur de cette disposition réside dans l'utilisation de chaque variation instantanée de diamètre du rotor, conjuguée à la variation correspondante du diamètre intérieur du corps, pour engendrer un effet de soufflage de gaz ou de pompage de liquide, refoulant les phases lourdes collectées vers la zone de plus grand diamètre du rotor et du stator. Ces étages successifs fonctionnent en série les uns avec les autres. Les jeux périphériques ou axiaux sont calculés en fonction des performances de débit et de concentration de phases lourdes extraites à assurer.

La figure 6 illustre une première forme de réalisation d'un disque utilisable dans le dispositif objet de l'invention. Dans ce mode de réalisation, on utilise un empilement de disques 36 d'épaisseur constante p. Chaque disque est percé d'un certain nombre de passages ou canaux hélicoïdaux 62. Chacun de ces canaux 62 débouche sur la face amont ou face inférieure 37 du disque par un ajourage d'entrée et débouche sur la face supérieure 39 du disque 36 par un ajourage de sortie 65. La disposition est telle que l'ajourage de sortie 65 situé sur la face supérieure d'un disque donné se

trouve exactement en face de l'ajourage d'entrée 63 se trouvant sur la face inférieure du disque suivant. On définit ainsi, à travers l'empilement de disques, des canaux hélicoïdaux pratiquement continus 69 limités par des parois solides. Afin que les phases lourdes acheminées vers la périphérie soient collectées efficacement sur la paroi intérieure de l'enceinte 5 et ne tendent pas à se remettre en suspension à l'intérieur du rotor par suite de divers phénomènes tels que turbulences et rebondissements, le transfert du rotor vers la paroi fixe 51 s'effectue à travers des fentes périphériques ménagées entre les disques successifs, ainsi que figuré en 71 sur la figure 6. Ces fentes sont toutefois localement interrompues par des plots 73 dont le but est d'améliorer la rigidité du rotor. Ils assurent en effet l'appui des disques successifs les uns sur les autres. Leur profil intérieur est prévu pour éviter les accumulations de phase lourde séparée.

Le fait que les disques soient jointifs permet d'obtenir, sous réserve d'un serrage axial suffisant, un rotor monobloc très rigide. Cette disposition entraîne une séparation efficace entre l'intérieur du rotor et la zone comprise entre celui-ci et la paroi du corps fixe, ce qui limite les remises en dispersion. De plus, il est possible d'atteindre des vitesses de rotation plus élevées, donc des champs séparateurs plus intenses, qu'avec les dispositifs de l'art antérieur, tout en évitant les risques de déformation.

Dans le cas particulier illustré à la figure 6, les ajourages 65 sont répartis de façon équiangle sur un disque donné et s'étendent du centre vers la périphérie. Ils sont séparés par des parties pleines 67. Si l'on considère le sens de rotation T des disques, l'ajourage de sortie d'un canal donné est situé en aval de l'ajourage d'entrée. Sur la figure 6, les ajourages 65 sont limités par des rayons du disque 36 et ont donc une forme sensiblement trapézoïdale, de même que les parties 67. Chaque canal 62 est ainsi limité par une paroi inférieure 64, une paroi supérieure 66 et deux parois latérales 68 et 70. Les faces inférieure 64 et supérieure 66 sont de forme généralement hélicoïdale de même pente que celle des canaux. Comme on le verra plus loin, elles peuvent être munies de redans ou de gradins destinés à emprisonner localement et temporairement des constituants du mélange et à faciliter l'agglomération des phases lourdes. La première face latérale 68 limitant un canal 62, c'est-à-dire celle qui est la plus proche de l'axe du rotor, est cylindrique et d'axe confondu avec celui du rotor. L'autre face latérale 70 est située au voisinage de la périphérie du disque et elle est inclinée par rapport à l'axe du rotor. Autrement dit, elle se présente sous la forme d'une portion de tronc de cône divergeant vers l'amont si l'on considère le sens d'écoulement du mélange à travers le rotor.

On sépare ainsi le mélange en une pluralité de veines hélicoïdales. Etant donné que le mélange est soumis d'une part à la chute de pression à travers le rotor et, d'autre part, à l'effet d'entraînement de celui-ci en rotation, il s'écoule à travers les disques avec une vitesse tangentielle supérieure à celle du rotor. On constate que, pour un rotor tournant à la vitesse ω , la vitesse tangentielle absolue d'une

particule située à une distance radiale R est de :

- $\omega \cdot R$ si cette particule se trouve dans une zone de séquestration du mélange,

- $\omega \cdot R + V_t$ si cette particule se trouve dans la partie circulante de la veine, à la vitesse tangentielle V_t .

La vitesse tangentielle V_t varie approximativement comme k/R , k étant une constante dépendant de la géométrie du rotor et proportionnelle au débit traversant le rotor. La force centrifuge au rayon R s'écrit donc :

$$F_c = \frac{(\omega \cdot R + k \cdot R^{-1})^2}{R}$$

$$F_c = \omega^2 \cdot R^2 + 2kR^{-1} + k^2 \cdot R^{-3}$$

Lorsque R varie, cette fonction présente un minimum et, de part et d'autre de ce minimum, le champ centrifuge croît. Il en résulte donc un champ centrifuge élevé au voisinage de l'axe de rotation, contrairement à ce qui se passe dans les centrifugeuses conventionnelles. De plus, en tous les points de la courbe $F_c(R)$, la valeur de F_c est beaucoup plus élevée que pour une centrifugeuse conventionnelle tournant à même vitesse angulaire.

De même, lorsque le débit du mélange varie, l'efficacité de séparation passe par un minimum pour une valeur de $k = \omega \cdot R^2$. Elle reste toujours supérieure à celle d'une centrifugeuse conventionnelle pour toutes les valeurs du débit, pour un dimensionnement du rotor et une vitesse de rotation identique (k est directement proportionnel au débit).

Ce phénomène, de même que les résultats exposés ci-après qui en découlent, sont imprévisibles et inattendus dans le cadre classique de la centrifugation. Ce sont bien les faits expérimentaux basés sur le procédé et l'appareil de l'invention qui permettent d'assurer la véracité des résultats obtenus.

On vérifie en effet que les particules lourdes des veines hélicoïdales soumises à une force centrifuge très intense se précipitent vers la périphérie en ralentissant et en s'agglomérant avant de parvenir à la zone annulaire de force centrifuge minimale, puis, à partir de cette zone, accélèrent à nouveau en plus grosses masses vers la périphérie.

Mais, au cours de ce déplacement centrifuge, les particules lourdes (solides ou liquides) migrent, pour diverses raisons exposées ci-après, vers les zones mortes ou les zones dépressionnaires dans lesquelles elles sont captées et piégées. Ces zones mortes ou dépressionnaires sont obtenues grâce à des redans ou autres éléments proéminents prévus sur les faces inférieures et supérieures des canaux 62, comme cela sera décrit plus loin.

Ces particules lourdes sont alors prises en charge par une force centrifuge, certes plus faible, mais suffisamment élevée pour les acheminer inéluctable-

ment vers la périphérie. Au cours de cet acheminement, des éléments pièges et des éléments conducteurs, définis ci-après, s'opposent au retour des particules vers les veines débitantes et participent à leur acheminement vers la périphérie où elles se précipitent sur la paroi interne 51 de l'enceinte 50.

Le décalage angulaire des disques et l'épaisseur p de ceux-ci, ainsi que la forme et les dimensions des ajourages sont choisis pour déterminer avec précision la pente relative P des veines hélicoïdales (c'est-à-dire leur pente par rapport aux disques lorsqu'ils tournent). Les paramètres en question permettent donc de régler le pouvoir séparateur et le débit de l'appareil. En général, ces paramètres sont constants pour un appareil déterminé, mais il peut être avantageux de les faire varier de l'amont vers l'aval suivant l'allure du fonctionnement de l'appareil, et de celle du traitement à obtenir.

De toute façon, le choix de ces paramètres permet, en relation avec le régime de l'appareil et la composition du mélange, de définir le cheminement hélicoïdal privilégié des veines de mélange à travers les ajourages d'un disque. Le mélange peut poursuivre son cheminement en traversant l'ajourage homologue du disque suivant, c'est-à-dire celui qui se trouve décalé en aval de l'angle de décalage des disques. Cet angle de décalage est tel que l'ajourage de sortie du premier disque soit en face de l'ajourage d'entrée du deuxième disque.

L'exposé qui précède montre que l'écoulement aéro ou hydrodynamique du mélange à travers l'appareil subit, entre l'amont et l'intérieur du rotor, une variation croissante de la vitesse. Dès lors, il se produit tout naturellement une détente au sein du rotor, et par conséquent une baisse de température pouvant être utilisée pour condenser une phase vapeur au cours de la séparation.

La figure 7 est une vue semblable à la figure 6 et illustre une variante dans laquelle les faces amont et aval des disques 36 ne sont plus perpendiculaires à l'axe de rotation du rotor, mais sont inclinées vers l'amont d'un angle α par rapport à un plan perpendiculaire à cet axe. En d'autres mots, la face supérieure 39 et la face inférieure 37 sont en forme de troncs de cône divergeant vers l'amont par rapport au sens d'écoulement du mélange à travers le rotor. On a constaté qu'on obtenait les meilleurs résultats lorsque la valeur de l'angle α était voisine de 30° . La disposition des ajourages et des canaux hélicoïdaux dans les disques de la figure 7 est exactement la même que dans le cas de la figure 6.

On ne sortirait pas du cadre de l'invention en donnant encore d'autres formes aux faces amont et aval des disques.

Ces dernières peuvent comporter des génératrices incurvées et, si elles sont droites ou courbes, concourantes avec ou gauches par rapport à l'axe de rotation avec un angle d'indidence quelconque. En d'autres termes, les disques peuvent être délimités par des surfaces réglées, telles que des coniques ou des surfaces de révolution quelconques équilibrées, ce qui ne peut constituer une difficulté majeure d'exécution dès lors que les disques peuvent être, en raison des contraintes réduites qu'ils subissent, fabriqués par moulage et

même en matière plastique.

La vue en perspective de la figure 8 montre comment on peut prévoir des gradins, saillies ou autres éléments proéminents sur les faces inférieures et/ou supérieures des canaux 62. Sur la figure 8, on ne voit que les gradins 72 sur la face inférieure des canaux 62, mais il y a des gradins identiques sur la face supérieure, cette dernière étant invisible sur la figure 8.

Les vues en coupe développée des figures 9a à 9d montrent d'autres formes possibles pour ces éléments proéminents.

Dans le cas de la figure 9a, les surfaces supérieure et inférieure du canal 62 comportent des gradins dont les rebords constituent des arêtes radiales, c'est-à-dire que ces arêtes sont perpendiculaires à l'axe de rotation du rotor. Dans le cas de la figure 9a, les gradins 72 se présentent comme les marches d'un escalier en colimaçon dont l'axe serait celui du rotor. Les angles internes des gradins sont donc des angles droits.

Les rebords des gradins ont deux fonctions différentes suivant qu'il s'agit de la paroi supérieure ou de la paroi inférieure limitant le canal 62. Dans le premier cas (gradins 72a sur la paroi supérieure du canal 62), les surfaces verticales radiales des gradins créent des zones dépressionnaires qui ont tendance à capter les impuretés dans le tourbillon attaché qu'elles créent. Dans le deuxième cas (gradins 72b sur la paroi inférieure du canal 62), les surfaces verticales radiales fonctionnent comme des séparateurs à chocs multiples. Elles arrêtent temporairement les particules ou les gouttelettes lourdes. L'effet d'agglomération qu'elles apportent accélère l'acheminement vers la périphérie des phases lourdes et améliore corrélativement l'efficacité globale de l'appareil.

Dans le cas de la figure 9b, les angles internes des gradins sont plus aigus que dans le cas de la figure 9a afin d'accroître l'effet de rétention des phases lourdes.

Dans le cas de la figure 9c, on combine deux dispositions différentes. Les gradins 72b de la paroi inférieure sont identiques à ceux de la figure 9a. Quant aux gradins de la paroi supérieure du canal 62, ils présentent des parties inclinées 74 dont la pente est légèrement supérieure à la pente choisie pour les veines hélicoïdales du mélange, les parties 74 étant reliées par des parties 76 dont la hauteur est inférieure à la largeur des parties 74. Un chanfrein 75 est prévu à la partie inférieure de la face inférieure 64, mais ceci n'est pas obligatoire. Cette disposition entraîne des alternances de zones divergentes et convergentes obliques, ce qui crée une ondulation plus accentuée de la veine de mélange et une probabilité plus élevée de sortie latérale des fractions lourdes qui sont alors collectées dans les redans.

Enfin, dans le cas de la figure 9d, les gradins 72 sont remplacés par des rainures 78 de section semi-circulaire et disposées radialement, c'est-à-dire que leur axe est perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor. Les canaux radiaux semi-circulaires ainsi créés sont à l'origine de zones tourbillonnaires qui ralentissent et collectent les phases

lourdes.

On peut encore utiliser d'autres dispositions, par exemple des formes d'usinages radiaux qui ne pénètrent pas dans la veine circulante, mais jouent un rôle d'extraction des phases lourdes et un rôle d'agglomération, ce qui accroît l'efficacité globale du dispositif.

La figure 10 illustre une variante dans laquelle les éléments proéminents pour collecter les phases lourdes sont disposés suivant une direction tangentielle et non radiale. On voit sur cette figure que la paroi inférieure de chaque canal 62 comporte deux éléments proéminents 80 disposés chacun en hélice autour de l'axe du rotor. Ces éléments se composent de deux faces reliées par une arête supérieure. Les deux faces sont parallèles à l'écoulement du mélange par rapport au rotor. Le déplacement radial des phases lourdes sous l'action du champ centrifuge les amène en contact avec la face interne des éléments 80. Ce contact crée un effet de rassemblement des phases lourdes qui glissent ensuite sur la surface et sont remises en suspension mais après avoir été plus ou moins fortement agglomérées. L'accroissement consécutif de leur granulométrie accélère leur mouvement radial vers la périphérie du rotor et augmente corrélativement l'efficacité de séparation de l'appareil.

Les figures 11 et 12 illustrent un autre mode de réalisation dans lequel chaque disque 36 se présente sous la forme d'un boîtier circulaire creux. Le disque 36 se compose d'une paroi inférieure 82 ayant la forme d'un disque plan, reliée à une paroi supérieure 84 par une virole 86. La paroi supérieure 84 présente une partie centrale 87 ayant la forme d'un disque plan de même axe que la paroi 82, mais de diamètre inférieur. La partie 87 est reliée à un bord périphérique 88 par une partie en forme de tronc de cône 90. Le bord 88 est circulaire et de même diamètre que la paroi inférieure 82. Il est séparé de celle-ci par une fente périphérique 92 dont la largeur est inférieure à la distance entre la paroi inférieure 82 et la partie centrale 87 de la paroi supérieure. Un ensemble d'éléments en forme de tronc de cône ou viroles tronconiques 94 est prévu à l'intérieur du boîtier ainsi défini. Dans le cas particulier décrit ici, les viroles tronconiques 94 ont un bord supérieur qui est soudé à la partie centrale 87 de la paroi supérieure 84 tandis que leur bord inférieur est situé à une certaine distance de la paroi inférieure 82.

On voit encore sur les figures 11 et 12 un ajourage d'entrée 63 ménagé dans la paroi inférieure 82 et un ajourage de sortie 65 ménagé dans la partie centrale 87 de la partie supérieure 84. La position angulaire des ajourages 63 et 65 par rapport au disque 36 est exactement la même. Un déflecteur 96 a un bord inférieur soudé à la paroi inférieure 82 en arrière de l'ajourage 63 et un bord supérieur soudé à la paroi supérieure 84 en avant de l'ajourage 65. Grâce à cette disposition, le mélange qui pénètre dans le disque par l'ajourage 63 est obligé de faire un tour complet en cheminant dans les espaces entre les viroles tronconiques 94 avant de ressortir par l'ajourage de sortie 65. Le déflecteur 96 doit assurer une bonne étanchéité pour éviter des fuites directes

du mélange de l'ajourage d'entrée vers l'ajourage de sortie. Grâce à cette disposition, le déplacement radial des phases lourdes sous l'action du champ centrifuge les amène en contact avec la surface de ces viroles. Ce contact crée un effet de rassemblement des phases lourdes, qui glissent ensuite sur la surface et sont remises en suspension, mais après avoir été plus ou moins fortement agglomérées. L'accroissement consécutif de leur granulométrie accélère leur mouvement radial vers la périphérie du rotor et augmente corrélativement l'efficacité de séparation de l'appareil. Les viroles tronconiques 94 jouent également un rôle de surface de guidage et de limitation des turbulences, leur surface étant parallèle à la direction d'écoulement du mélange à l'intérieur du disque.

Cette disposition conduit, pour les mêmes dimensions de rotor, le même nombre de disques et le même débit, à une vitesse tangentielle du mélange par rapport au rotor qui, étant inversement proportionnelle à la pente des veines, et maximum pour l'écoulement à une seule veine, comporte un tour par disque.

La pente moyenne par disque est alors égale à :

$$P = \frac{p}{2\pi R}$$

au rayon R, p étant l'épaisseur du disque.

Le champ centrifuge est également maximum pour cette configuration, puisqu'il est proportionnel au carré de la somme de la vitesse tangentielle d'entraînement et de la vitesse tangentielle du mélange relativement au rotor.

L'invention n'est pas limitée aux formes de réalisation et aux modes d'exécution représentés et décrits en détail dans ce qui précède, car diverses modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre.

Le procédé et l'appareil objets de l'invention sont utilisables pour la séparation dans un mélange de phases d'état quelconque.

Plus spécialement, ils sont applicables à l'élimination de brouillards huileux tels que ceux engendrés par les machines-outils, les presses d'emboutissage, les dispositifs de lubrification par pulvérisation, à l'élimination des brouillards d'eau sur des machines à laver industrielles à la sortie de dispositifs de lavage d'air, à l'élimination de brouillards de solvants lourds sur des fours de polymérisation, des sécheurs d'imprimerie, au lavage à l'huile de divers gaz, à la clarification des huiles solubles sur les bacs de machines-outils, à la clarification des bains de lessive sur les bacs de machines à laver industrielles, à la clarification des eaux de lavage des gaz, à la clarification des eaux polluées en général, à la préclarification de liquides avant des centrifugeuses de haute efficacité ou des filtres de finition, etc.

Le procédé et le dispositif de l'invention s'appliquent particulièrement bien dans le domaine nucléaire, notamment pour la séparation de dispersions solides ou liquides et la séparation de phases

gazeuses au niveau moléculaire. Ils conviennent également bien pour des applications spéciales difficiles dans certaines industries, par exemple dans des procédés continus ou pour certaines opérations jusqu'alors difficiles à réaliser, comme la stérilisation de l'air par centrifugation ou l'élimination de produits toxiques très actifs.

Revendications

1. Procédé de séparation centrifuge d'un mélange de plusieurs phases comprenant au moins une phase lourde dans lequel on fait passer le mélange à travers un rotor (17) tournant à une vitesse donnée, le mélange étant divisé en une pluralité de veines parallèles (69) s'écoulant à travers le rotor (17) suivant des trajectoires hélicoïdales et étant entraîné à une vitesse angulaire supérieure à celle du rotor (17), un champ centrifuge permettant l'éjection de ladite phase lourde étant ainsi créé à l'intérieur desdites veines, caractérisé en ce que ces dernières sont limitées par des parois solides (64, 66) liées au rotor (17), un champ centrifuge étant ainsi créé à la surface de ces parois solides (64, 66), et en ce que la phase lourde éjectée sous l'action du champ centrifuge régnant dans les veines est collectée sur des éléments pièges (72) associés auxdites parois solides et guidée vers la périphérie du rotor (17) par des dispositifs de guidage associés à ces parois (64, 66), la phase lourde s'acheminant vers la périphérie du rotor (17) sous l'effet du champ centrifuge créé à la surface de ces parois (64, 66).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour entraîner le mélange en rotation, on le soumet d'une part à l'action d'entraînement en rotation du rotor (17) et, d'autre part, à une chute de pression entre l'amont et l'aval de ce rotor (17), celui-ci étant agencé de sorte que cette chute de pression entraîne le passage du mélange à travers le rotor (17) suivant des trajectoires hélicoïdales.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'écoulement hélicoïdal du mélange est transformé en écoulement axial en aval du rotor (17).

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'énergie cinétique de rotation du mélange est récupérée pour entraîner le rotor (17) en rotation.

5. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, comportant :

- un rotor (17) à travers lequel le mélange peut passer,
- des moyens (54) pour créer une chute de pression à travers ce rotor (17), celui-ci étant agencé de sorte que le mélange le traverse en suivant des veines hélicoïdales sous l'effet de cette chute de pression, et
- des moyens d'entraînement du rotor (17) en

rotation autour d'un axe,

caractérisé en ce que le rotor comporte :

- des parois solides (64, 66) limitant lesdites veines hélicoïdales,

- des éléments pièges (72) pour collecter ladite phase lourde, et

- des éléments de guidage pour guider ladite phase lourde vers la périphérie du rotor.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le rotor comporte un ensemble de disques jointifs (36) de forme générale circulaire dont l'axe est confondu avec celui du rotor (17) et ayant chacun une face amont (37) et une face aval (39), chaque disque (36) comportant au moins un canal (62) de circulation du mélange limité par des parois solides (64, 66) et débouchant sur la face amont (37) par un ajourage d'entrée (63) et sur la face aval (39) par un ajourage de sortie (65).

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'ajourage de sortie (65) d'un canal ménagé dans un disque donné se trouve immédiatement en face de l'ajourage d'entrée (63) d'un canal ménagé dans le disque suivant, lesdits ajourages (63, 65) ayant la même forme.

8. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que, ledit canal (62) étant de forme hélicoïdale par rapport à l'axe du rotor (17) et étant limité par une paroi inférieure (64), une paroi supérieure (66) et deux parois latérales (68, 70), ces dernières étant concentriques à l'axe du rotor, la paroi inférieure (64) et/ou la paroi supérieure (66) comporte(nt) des éléments proéminents (72) ayant des arêtes disposées radialement par rapport au disque (36).

9. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que, ledit canal (62) étant de forme hélicoïdale et étant limité par une paroi inférieure (64), une paroi supérieure (66) et deux parois latérales (68, 70), la paroi inférieure (64) et/ou la paroi supérieure (66) présente(nt) au moins un élément proéminent (80) disposé suivant une portion d'hélice par rapport à l'axe du rotor (17).

10. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que les faces amont (37) et aval (39) de chaque disque (36) sont planes et perpendiculaires à l'axe du rotor.

11. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que les faces amont (37) et aval (36) de chaque disque présentent une partie en forme de tronc de cône de même angle au sommet et divergeant vers l'amont par rapport au sens d'écoulement du mélange à travers le rotor (17).

12. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que chaque disque a la forme d'un boîtier circulaire creux comportant :

- un ajourage d'entrée (63) sur sa face amont,

- un ajourage de sortie (65) sur sa face aval,

- des moyens de guidage (96) contraignant le mélange à effectuer au moins un tour complet à l'intérieur du disque entre ces deux ajourages (63, 65),

- un ensemble d'éléments (94) en forme de troncs de cône situés à l'intérieur du boîtier, et
- une fente périphérique (92) pour l'éjection de la phase lourde.

13. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en qu'il comporte, en amont du rotor (17), un distributeur rotatif (19) comprenant un ensemble d'aubes (23) orientées du centre vers la périphérie et dont la concavité s'ouvre vers l'aval, chaque aube (23) ayant un bord de fuite dont l'inclinaison correspond à la pente desdites veines hélicoïdales par rapport au rotor (17).

14. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que les bords de fuite des aubes (23) sont solidaires d'un disque accouplé au rotor et coïncident avec les bords arrière des ajourages de ce disque.

15. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte, en aval du rotor, un redresseur (21) comprenant un ensemble d'aubes (27) orientées du centre vers la périphérie et dont la concavité s'ouvre vers l'amont, chaque aube ayant un bord d'attaque dont l'inclinaison par rapport au rotor (17) correspond à la pente desdites veines hélicoïdales.

16. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que les bords d'attaque des aubes (27) coïncident avec les bords avant des ajourages de sortie du dernier disque aval du rotor (17).

17. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le rotor (17) est placé à l'intérieur d'une enceinte (50) ayant une surface interne (51) divergeant vers l'amont.

18. Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce que la surface interne (51) de l'enceinte (50) est lisse et de forme générale conique divergeant vers l'amont.

19. Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce que, le rotor (17) étant constitué d'un empilement de disques, la surface interne (51) de l'enceinte (50) présente un ensemble de parties circulaires (53) dont chacune est en regard du bord latéral d'un disque du rotor et dont le diamètre croît de l'aval vers l'amont.

20. Dispositif selon la revendication 19, caractérisé en ce que la distance entre le bord latéral d'un disque (36) et la face interne (51) de l'enceinte (50) est constante.

21. Dispositif selon la revendication 19, caractérisé en ce que la distance entre le bord latéral d'un disque (36) et la surface interne (51) de l'enceinte (50) croît de l'aval vers l'amont.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

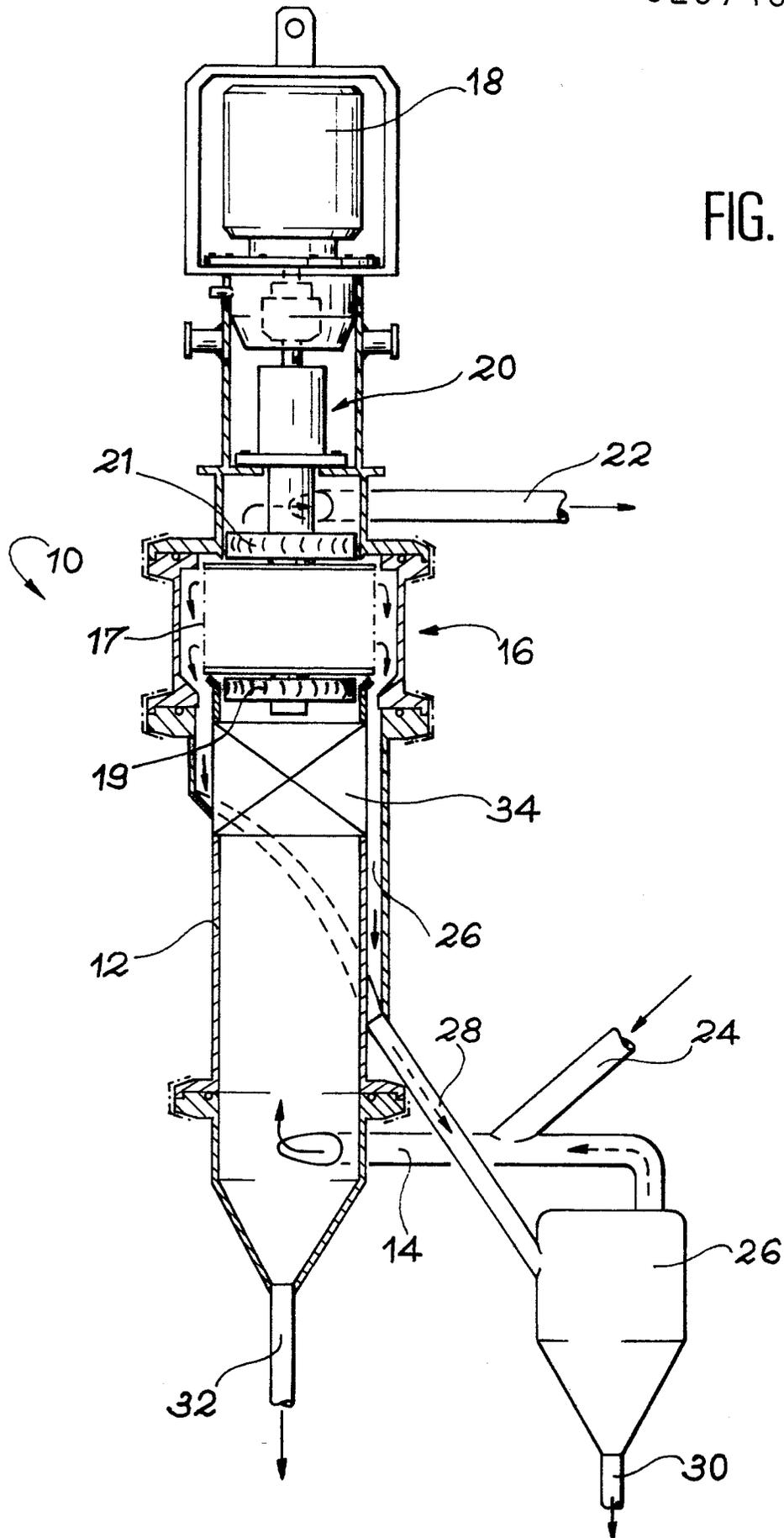
60

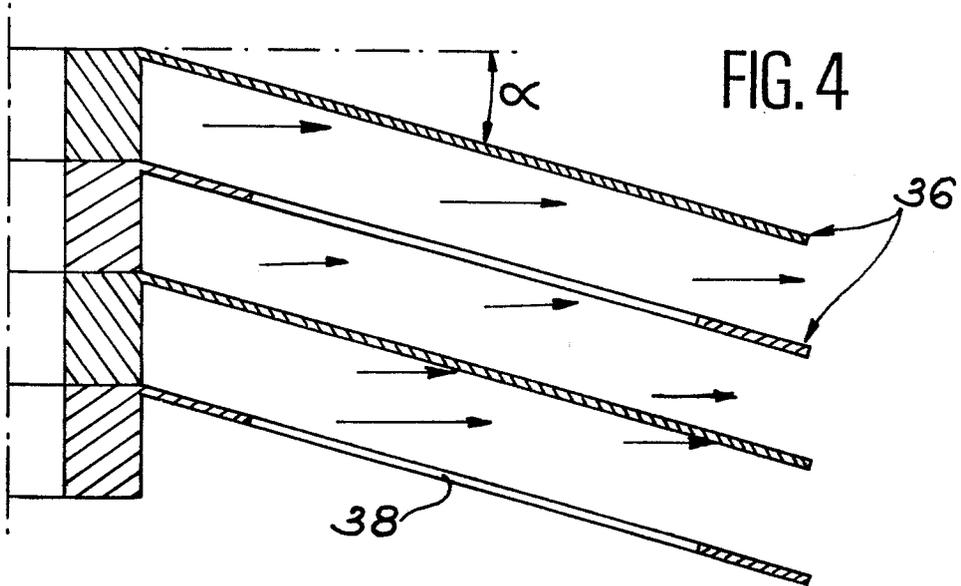
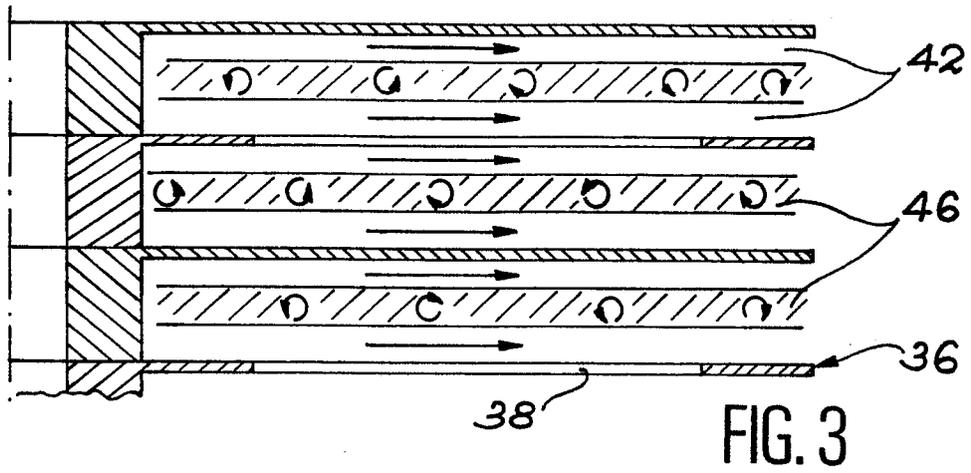
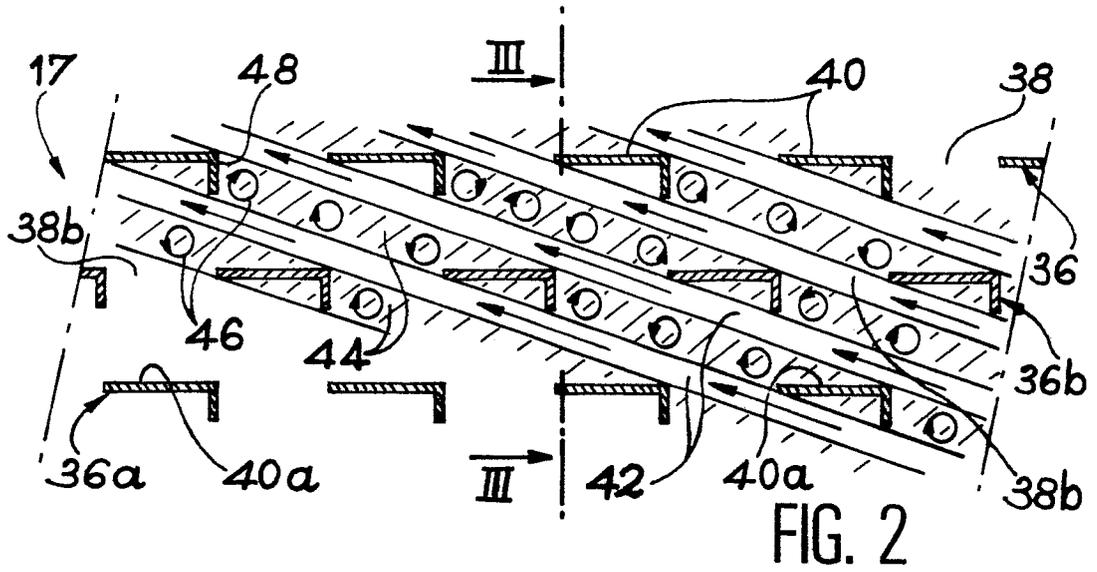
65

10

0287462

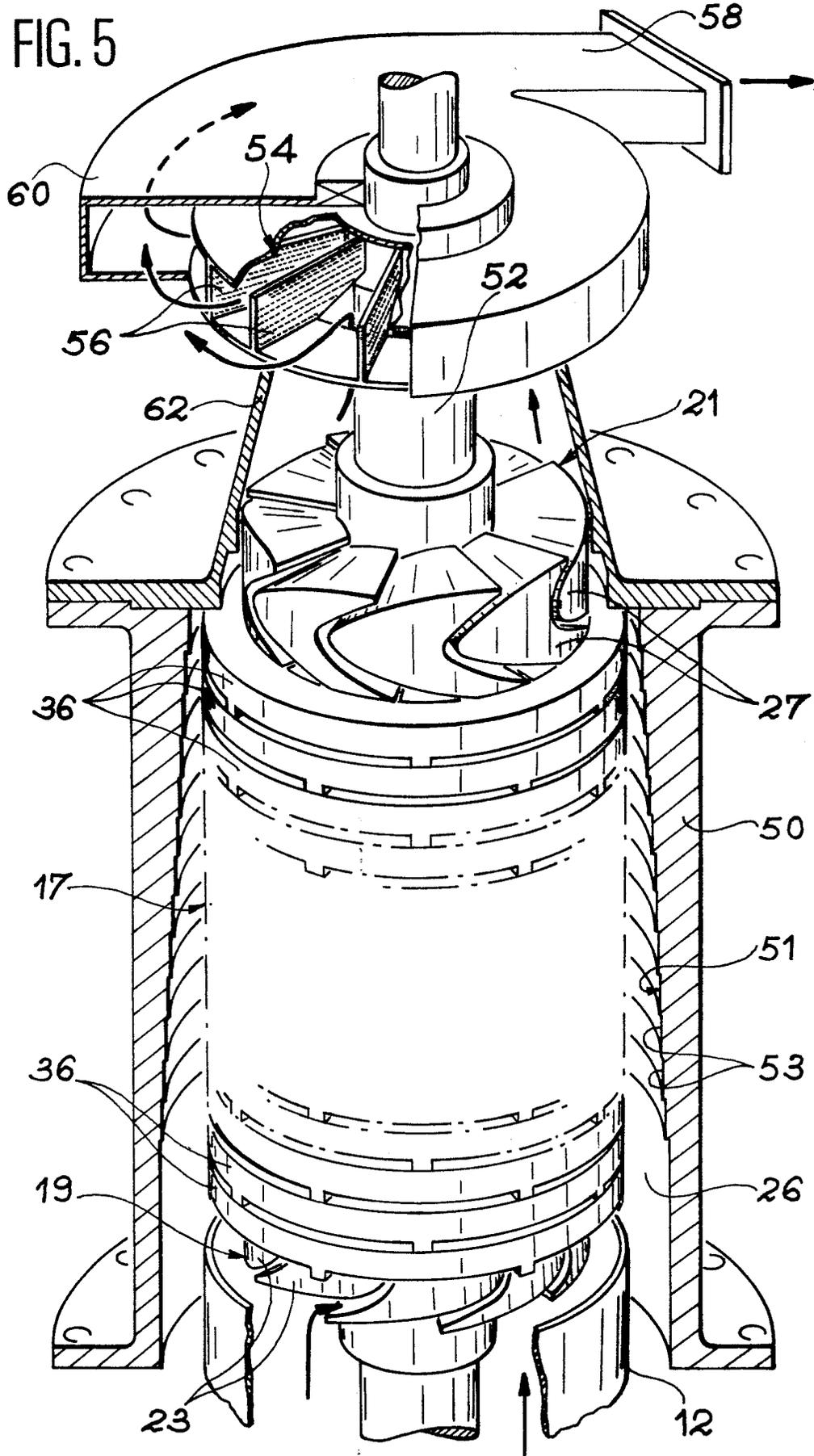
FIG. 1





0287462

FIG. 5



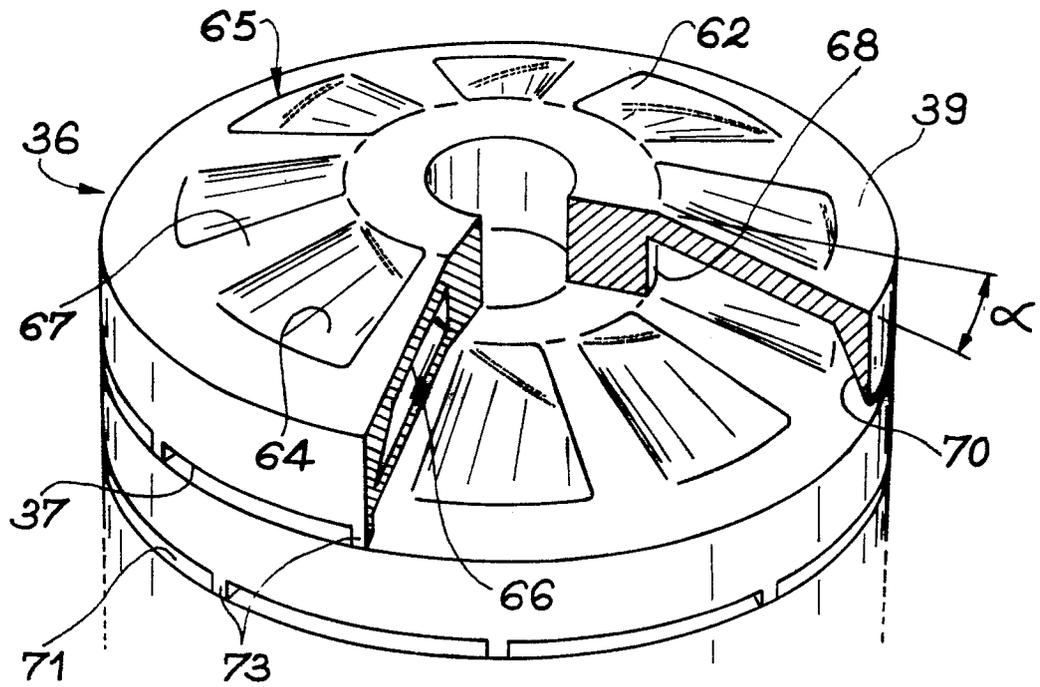


FIG. 7

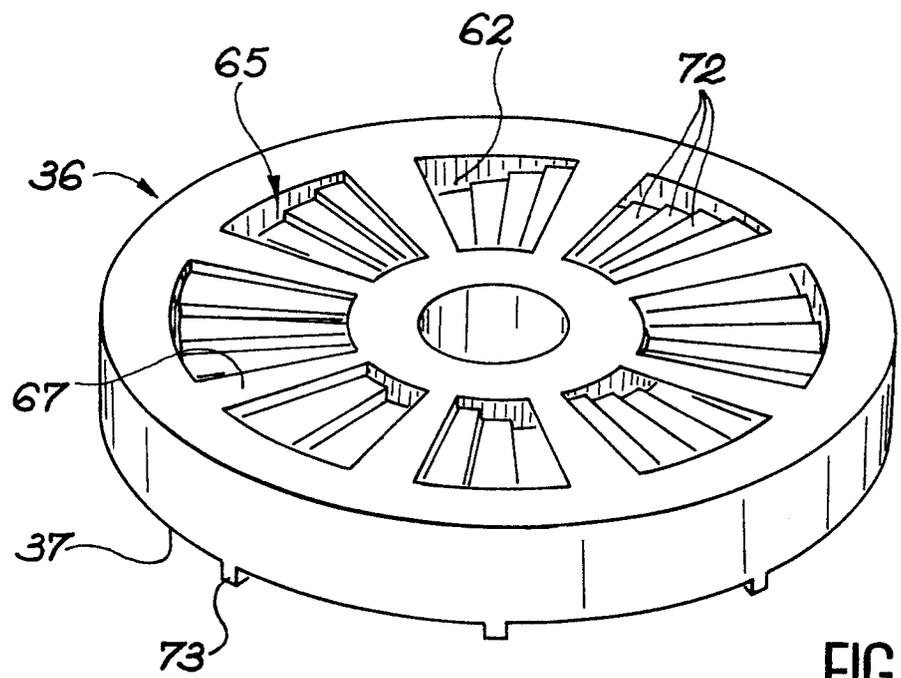


FIG. 8

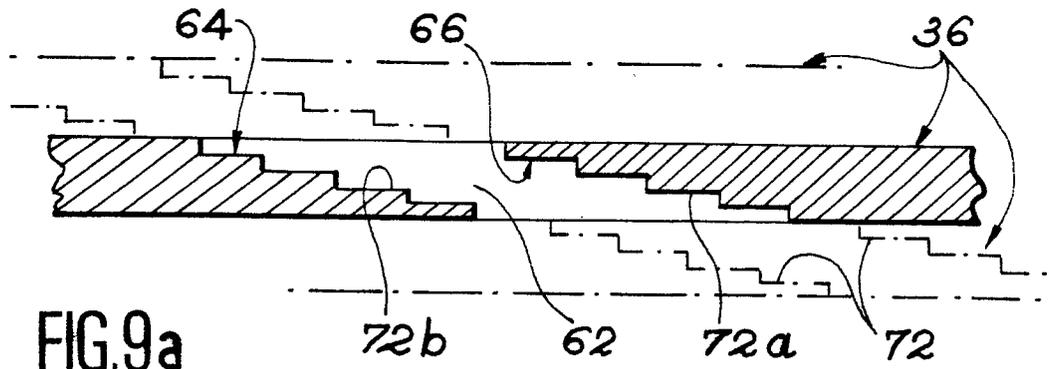


FIG. 9a

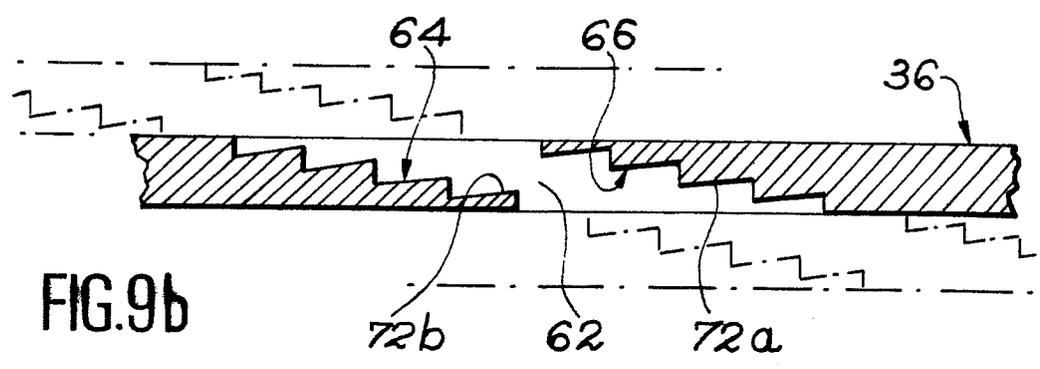


FIG. 9b

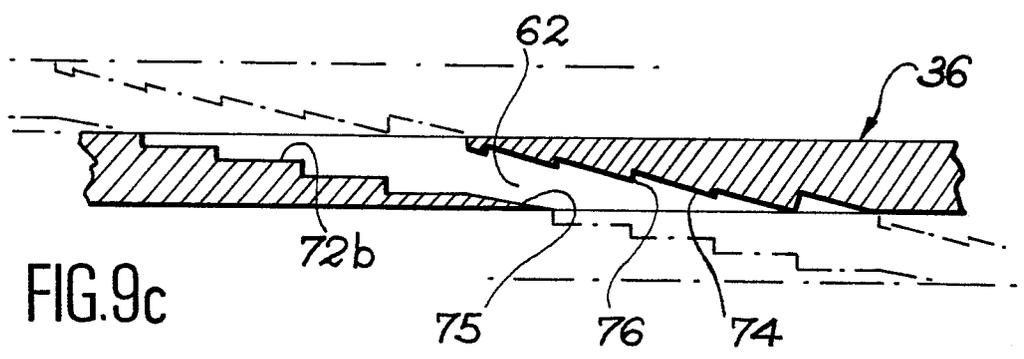


FIG. 9c

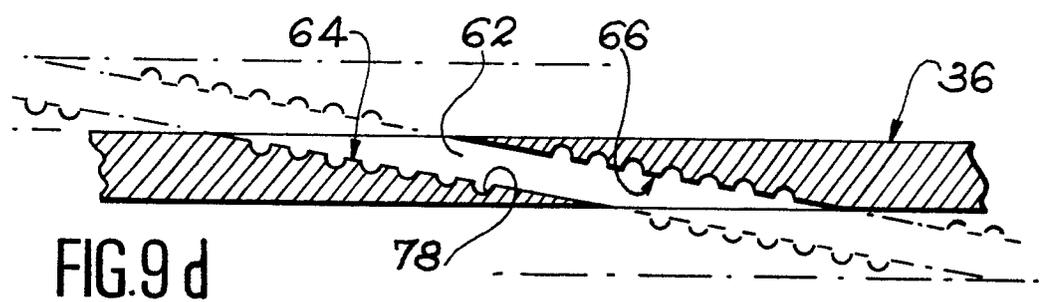


FIG. 9d

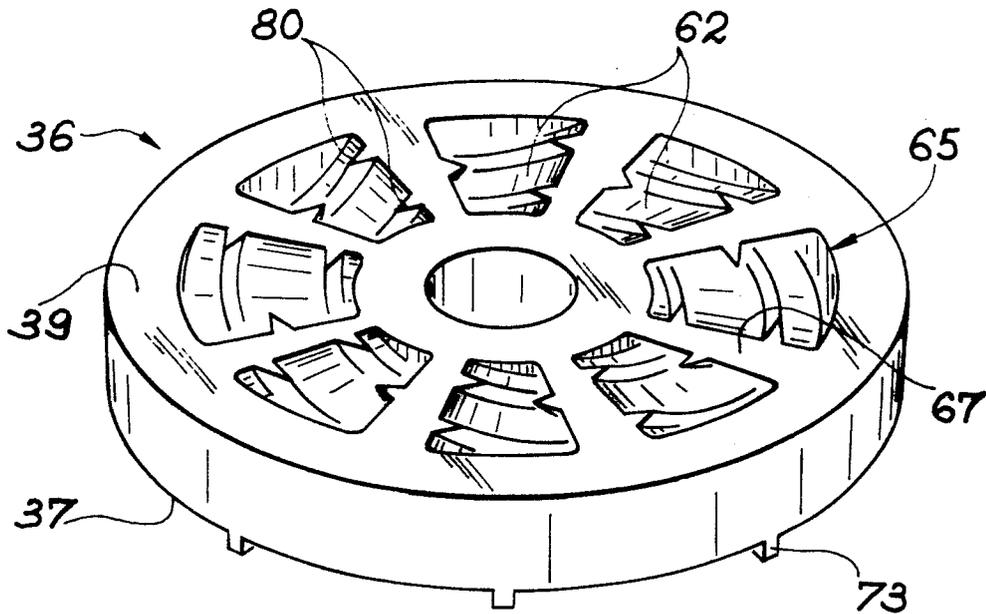


FIG. 10

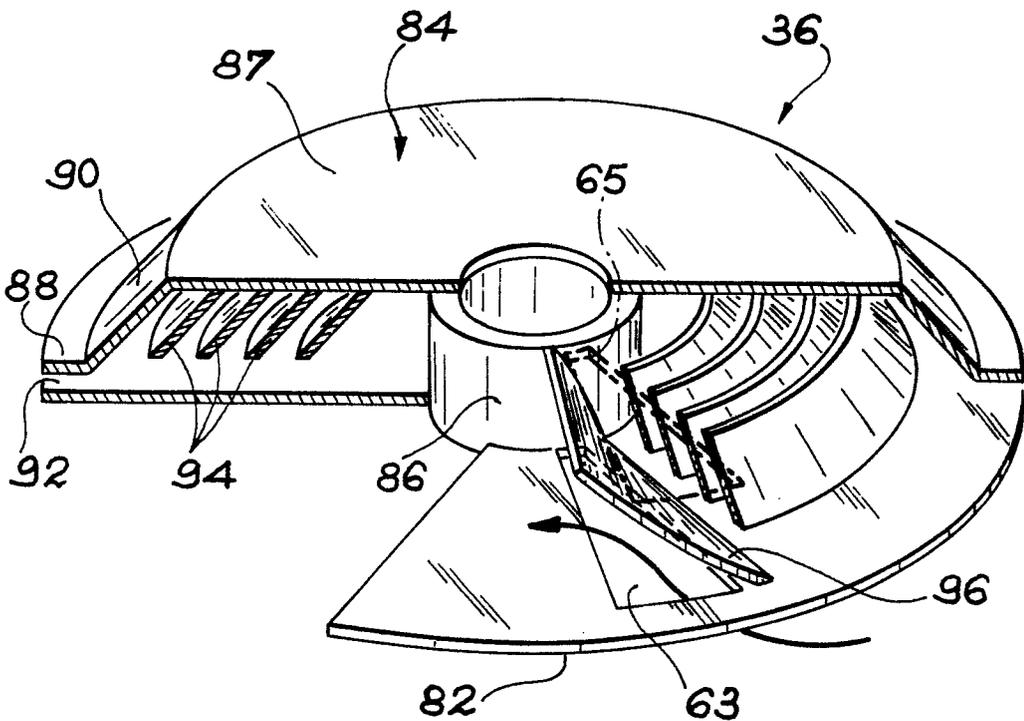


FIG. 11

