

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 80 00125**

---

(54) Dispositif de séparation des phases liquide et vapeur d'un fluide et générateur de vapeur comprenant des dispositifs de ce type.

(51) Classification internationale (Int. Cl. <sup>3</sup>). B 01 D 45/14, 53/26; F 22 B 1/16, 37/32.

(22) Date de dépôt..... 4 janvier 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 28 du 10-7-1981.

---

(71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, résidant en France.

(72) Invention de : Jean Edmond Chaix, Maurice Fajean et Jean-François Ouzau.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Brevatome,  
25, rue de Ponthieu, 75008 Paris.

La présente invention concerne un dispositif destiné à séparer les phases liquide et vapeur d'un fluide et l'application d'un tel dispositif à l'abaissement du taux d'humidité de la vapeur d'eau sortant d'un générateur  
5 de vapeur.

Dans un fluide en phase vapeur, il se trouve généralement une certaine quantité du même fluide en phase liquide. Pour de nombreuses applications, le pourcentage du fluide en phase liquide admissible est très sensible-  
10 ment inférieur au pourcentage existant et il est alors nécessaire de faire passer le fluide par un dispositif de séparation approprié qui laisse passer le fluide en phase vapeur tout en retenant la majeure partie du même fluide en phase liquide véhiculé par la vapeur.

Ainsi, par exemple, les générateurs de vapeur dans lesquels un fluide caloporteur primaire chauffe de l'eau circulant dans un circuit secondaire pour amener celle-ci à l'état de vapeur produisent généralement de la vapeur saturée ayant une teneur en humidité relativement  
20 élevée. Ceci est notamment le cas lorsque le fluide primaire circule dans des tubes en U noyés dans l'eau à l'intérieur du générateur. Dans ce type de générateur de vapeur, le taux d'humidité de la vapeur produite varie de 20% à 80% en poids selon les conditions de fonctionnement et d'exploitation. Ce taux d'humidité n'est pas compatible  
25 avec le taux d'humidité maximal admissible dans les turbo-machines qu'actionne généralement la vapeur sortant des générateurs de vapeur. En effet, la vapeur actionnant les turbo-machines ne doit pas contenir plus de 0,25% de liquide. Il est donc nécessaire d'effectuer une séparation des phases liquide et vapeur aussi complète que possible avant que la vapeur ne parvienne aux turbo-machines. Cette séparation est généralement réalisée à l'intérieur même des générateurs de vapeur et, plus précisément, dans le  
30 dôme supérieur de ceux-ci.  
35

On connaît à ce jour un grand nombre de dispositifs de séparation qui sont disposés dans le dôme supérieur des générateurs de vapeur. Ces dispositifs connus fonctionnent généralement suivant le principe du cyclone, par gravité, ou au moyen de labyrinthes et de goulottes de retenue. Cependant, ils présentent tous l'inconvénient, soit d'être d'une efficacité relativement faible qui nécessite la mise en série d'un nombre important de ces dispositifs de séparation dans le dôme supérieur du générateur, soit d'avoir une perte de charge importante qui diminue le taux de recirculation, soit de présenter un encombrement unitaire tel qu'ils occupent un volume important dans le générateur. Dans les trois cas, l'encombrement total du ou des dispositifs de séparation à l'intérieur du générateur de vapeur est très important et conduit à augmenter sensiblement la hauteur totale du générateur de vapeur par rapport à la hauteur occupée par l'échangeur de chaleur proprement dit.

La présente invention a donc pour objet la réalisation d'un dispositif de séparation des phases liquide et vapeur d'un fluide qui soit d'encombrement et de pertes de charge faibles et d'efficacité importante afin de pouvoir être utilisé dans un générateur de vapeur sans accroître de façon disproportionnée la hauteur totale de celui-ci.

L'invention a également pour objet la réalisation d'un dispositif de séparation qui soit de construction simple et qui puisse être utilisé en dehors d'un générateur de vapeur.

A cet effet, un dispositif de séparation des phases liquide et vapeur d'un fluide comprenant une paroi cylindrique dans laquelle sont disposées des ailettes est caractérisé conformément à l'invention par le fait que chaque ailette se présente sous la forme d'une surface triangulaire curviligne dont un premier côté jointif avec la paroi définit une hélice d'axe confondu avec l'axe de la paroi, dont le sommet opposé à ce premier côté est disposé sensiblement dans l'axe de la paroi et assemblé de

façon étanche aux sommets correspondants des autres ailettes, et dont les autres côtés définissent un bord d'attaque sensiblement perpendiculaire à l'axe de la paroi et un bord de fuite incliné par rapport à cet axe.

5 Grâce à cette configuration particulière des ailettes du dispositif de séparation selon l'invention, ce dispositif présente une grande efficacité pour un encombrement limité. Ainsi, l'utilisation de deux dispositifs de ce type superposés dans le dôme d'un générateur de va-  
10 peur permet dans la plupart des cas d'obtenir une vapeur directement utilisable dans les turbo-machines.

Conformément à un mode de réalisation préféré de l'invention, l'angle d'inclinaison du bord de fuite par rapport à l'axe de la paroi est compris entre 30° et 60°.

15 Selon une autre caractéristique de l'invention, le bord de fuite de chaque ailette est courbe et définit avec la droite joignant les sommets correspondants une surface cylindrique incurvée dans le sens de l'hélice définie par le premier côté.

20 Selon une première variante de l'invention, le bord d'attaque de chaque ailette est rectiligne.

Selon une deuxième variante de l'invention, chaque ailette comprend du côté du bord d'attaque un prolongement tronconique incurvé dans le sens de l'hélice définie par le premier côté, le rayon de courbure de ce pro-  
25 longement allant en augmentant vers la paroi cylindrique.

De préférence, l'évacuation du fluide en phase liquide qui se trouve retenu dans le dispositif s'effectue au moyen d'une coiffe annulaire disposée dans le prolon-  
30 gement de la paroi cylindrique du côté de la sortie du fluide et d'une jupe cylindrique de diamètre supérieur au diamètre de la paroi prolongeant la coiffe annulaire, le diamètre interne de cette dernière étant par ailleurs inférieur au diamètre de la paroi.

35 L'invention s'applique en particulier à un générateur de vapeur du type comprenant une enveloppe externe, un

premier circuit dans lequel circule un fluide primaire chaud et un second circuit dans lequel circule un fluide secondaire, ce dernier pénétrant dans ladite enveloppe à l'état liquide et en ressortant à l'état de vapeur après  
5 avoir emmagasiné une partie des calories véhiculées par le fluide primaire, le second circuit comprenant de plus des moyens de séparation des phases liquide et vapeur du fluide secondaire disposés à proximité de la sortie de l'enveloppe. Selon l'invention, ce générateur est caractérisé en ce que  
10 les moyens de séparation comprennent au moins un groupe de deux dispositifs de séparation du type défini précédemment raccordés en série. De préférence, la paroi du second dispositif de séparation est alors raccordée de façon étanche à la coiffe du premier dispositif de séparation.

15 Pour une bonne marche du générateur, le second circuit comprend une chambre supérieure dans laquelle débouche le second dispositif de séparation et une chambre dans laquelle débouchent les passages définis entre la paroi de chaque dispositif de séparation et la jupe cylindrique correspondante, les chambres communiquant par des  
20 moyens de séchage à faible perte de charge.

Conformément à un mode de réalisation préféré de l'invention, chaque ailette du premier dispositif de séparation comprend du côté du bord d'attaque un prolongement tronconique incurvé dans le sens de l'hélice définie par  
25 le premier côté, le rayon de courbure de ce prolongement allant en augmentant vers la paroi cylindrique correspondante, et le bord d'attaque de chaque ailette du second dispositif de séparation est rectiligne.

30 On décrira maintenant, à titre d'exemple non limitatif, un mode de réalisation particulier de l'invention en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe axiale qui représente schématiquement la partie supérieure d'un générateur de vapeur comprenant des dispositifs de séparation  
35 réalisés conformément à l'invention,

- la figure 2 est une vue de côté montrant la forme et la disposition des ailettes du dispositif de séparation supérieur de chacun des groupes de séparateurs du générateur de vapeur représenté sur la figure 1 et un rabattement de l'une des ailettes de ce dispositif,

- la figure 3 est une vue semblable à la figure 2 montrant de côté et en rabattement la forme et la disposition des ailettes du dispositif de séparation inférieur de chaque groupe de séparateurs représenté sur la figure 1, et

- la figure 4 est une vue en perspective montrant la forme et la répartition des ailettes dans le dispositif de séparation inférieur représenté sur la figure 3.

Le générateur de vapeur dont la partie haute est représentée sur la figure 1 est un générateur d'un type connu dans lequel le fluide primaire chaud circule dans un faisceau de tubes en U (10) pour transmettre à un fluide secondaire généralement constitué par de l'eau les calories qu'il véhicule. Le générateur comprend une enveloppe externe 12, cylindrique et d'axe vertical, une cloison étanche 14 entourant le faisceau de tubes 10 à l'intérieur de l'enveloppe 12, et un groupe de deux dispositifs de séparation superposés 16 et 18 associé au faisceau de tube 10 pour mettre en communication la chambre 15 définie à l'intérieur de la paroi étanche 14 correspondante avec une chambre 20 formée à la partie supérieure de l'enveloppe 12. La chambre 20 est munie d'un orifice de sortie 22 prévu pour être raccordé à un circuit d'utilisation (non représenté). Comme l'illustre la figure 1, la chambre supérieure 20 est séparée d'une chambre 34 dans laquelle sont reçus les dispositifs de séparation 16 et 18 par un système de séchage 24.

Grâce à cette disposition, lorsqu'un fluide primaire chaud circule dans le faisceau de tubes 10 et lorsqu'un fluide secondaire pénètre par le bas dans la chambre 15, ce fluide secondaire se vaporise avant de pénétrer

dans la chambre 20 en traversant successivement les dispositifs de séparation 16 et 18 qui permettent d'abaisser la teneur en humidité de la vapeur pénétrant dans la chambre 20 à une valeur convenable. La vapeur sortant de la chambre 20 par l'orifice 22 est ensuite acheminée dans le circuit d'utilisation (non représenté) qui comprend généralement des turbo-machines ayant pour effet de transformer l'énergie calorifique véhiculée par la vapeur en énergie mécanique.

Conformément à l'invention, chacun des séparateurs 16 et 18 comprend une paroi cylindrique étanche 26, d'axe vertical, une coiffe annulaire 28 disposée dans le prolongement de cette paroi cylindrique du côté de la sortie du fluide, c'est-à-dire au-dessus de cette paroi dans le mode de réalisation représenté, et une jupe cylindrique 30 prolongeant vers le bas la coiffe annulaire 28. Le diamètre interne de la coiffe 28 est inférieur au diamètre de la paroi 26 et le diamètre externe de la coiffe 28 ainsi que le diamètre de la jupe 30 sont supérieurs au diamètre de la paroi 26, de telle sorte que la coiffe et la jupe cylindrique définissent un passage annulaire 32 par lequel le fluide en phase liquide est acheminé dans la chambre 34 définie à l'intérieur de l'enveloppe 12 entre la paroi poreuse 24 et les cloisons étanches 14.

La séparation des phases liquide et vapeur du fluide secondaire circulant au travers des dispositifs de séparation 16 et 18 est réalisée au moyen d'ailettes 36 et 38 créant un effet de centrifugation à l'intérieur de chaque dispositif.

Comme l'illustre la figure 1, la paroi cylindrique 26 de chaque dispositif de séparation inférieur 16 est raccordée de façon étanche à la cloison 14 correspondante. De même, la paroi cylindrique 26 du dispositif de séparation supérieur 18 est raccordée de façon étanche à la coiffe 28 du dispositif de séparation inférieur 16. Enfin, la coiffe 28 du dispositif de séparation supérieur 18 est raccordée de façon étanche à un conduit 40 traversant

sant la cloison poreuse 24. Enfin, comme l'illustre la figure 1, les dispositifs de séparation 16 et 18 sont disposés de façon coaxiale et les dimensions des parois 26 et des coiffes 28 sont sensiblement les mêmes.

5 Les formes particulières des ailettes 36 et 38 ainsi que leur disposition à l'intérieur des dispositifs de séparation correspondants 16 et 18 seront maintenant décrites en se référant aux figures 2 à 4.

10 Dans chacun des dispositifs de séparation 16 et 18 sont disposées six ailettes 36 et 38 régulièrement réparties à l'intérieur de la paroi cylindrique 26.

Dans le but de simplifier l'exposé, nous commencerons par décrire en nous référant à la figure 2, les ailettes 38 du dispositif de séparation supérieur 18, dont la forme est plus simple que celle des ailettes 36 du  
15 dispositif de séparation inférieur 16.

Chacune des ailettes 38 se présente sous la forme d'une surface triangulaire curviligne dont un premier côté 42, jointif avec la paroi 26 correspondante, définit  
20 une hélice d'axe confondu avec l'axe X-X de cette dernière. Le sommet A de ce triangle curviligne opposé au côté 42 est disposé sensiblement dans l'axe X-X. Conformément à l'invention, les six ailettes 38 sont assemblées entre elles de façon étanche par leur sommet A, par exemple par  
25 soudure, de telle sorte qu'aucun passage direct du fluide secondaire n'est possible au travers du dispositif de séparation 18 correspondant. Les deux autres côtés AB et AC du triangle curviligne 38 définissent respectivement un bord d'attaque 44 sensiblement perpendiculaire à l'axe X-X  
30 de la paroi 26 et disposé à l'extrémité inférieure de celle-ci et un bord de fuite 46 incliné par rapport à l'axe X-X selon un angle compris de préférence entre 30° et 60°, cet angle ayant une valeur sensiblement égale à 45° dans le mode de réalisation représenté sur la figure  
35 2. Le bord d'attaque 44 de chaque ailette 38 est de préférence rectiligne alors que le bord de fuite 46 est courbe et définit avec la droite AC joignant les sommets correspondants du triangle curviligne défini par l'ailette, une



surface cylindrique incurvée dans le sens de l'hélice définie par le côté 42, c'est-à-dire vers le haut en considérant la vue de côté de la figure 2. De préférence, chacune des ailettes 38 est développable, c'est-à-dire que  
5 les génératrices des ailettes passant par le sommet A et par le côté 42 sont rectilignes. De plus, le bord de fuite 46 de chaque ailette est de préférence biseauté.

Comme le montrent les figures 3 et 4, les ailettes 36 du dispositif de séparation inférieur 16 sont disposées de la même manière que les ailettes 38 du dispositif de séparation 18, c'est-à-dire qu'elles sont au nombre  
10 de six régulièrement réparties à l'intérieur de la paroi cylindrique 26.

De plus, la forme des ailettes 36 est voisine de  
15 la forme des ailettes 38. En effet, chaque ailette 36 se présente sous la forme d'une surface triangulaire curviligne dont un côté 48, jointif avec la paroi 26, définit une hélice d'axe confondu avec l'axe Y-Y de cette paroi. De même, le sommet D du triangle curviligne défini par chaque  
20 ailette opposé au côté 48 est disposé sensiblement dans l'axe Y-Y. Comme pour le dispositif de séparation supérieur 18, les ailettes 36 sont soudées entre elles au niveau du sommet D, comme l'illustre la figure 3. Les deux autres côtés DE et DF du triangle curviligne défini par  
25 chacune des ailettes 48 constituent un bord d'attaque 50 et un bord de fuite 52. Le bord de fuite 52 est courbe et biseauté de la même manière que le bord de fuite 46 de chacune des ailettes 38. Cependant, les ailettes 36 se distinguent des ailettes 38 par leur bord d'attaque 50. En  
30 effet, chaque ailette 36 comprend du côté du bord d'attaque 50 un prolongement tronconique 54 d'axe sensiblement normal à l'axe Y-Y. Ce prolongement 54 est incurvé dans le sens de l'hélice formée par le côté 48, c'est-à-dire vers le bas en considérant la figure 4 et la vue de côté de la  
35 figure 3. Comme le montrent les figures 3 et 4, le rayon de courbure du prolongement tronconique 54 va en augmentant de l'axe Y-Y vers la paroi cylindrique 26.

De même que pour les ailettes 38, chacune des ailettes 36 est développable.

Le fonctionnement du générateur de vapeur qui vient d'être décrit en se référant aux figures 1 à 4 est le  
5 suivant.

En raison de l'échange de chaleur entre le fluide primaire et le fluide secondaire au niveau des tubes en U 10 dans lesquels circule le fluide primaire, le fluide secondaire se vaporise dans la chambre 15 définie à l'intérieur de la cloison cylindrique étanche 14. Le fluide  
10 secondaire en phase vapeur présente au niveau supérieur de la chambre 15 une teneur en humidité relativement élevée comprise entre 20% et 80% en poids. Il traverse alors successivement les dispositifs de séparation 16 et 18 avant  
15 de pénétrer par les conduits 40 à l'intérieur de la chambre supérieure 20, d'où la vapeur asséchée est évacuée par l'orifice de sortie 22 vers les circuits d'utilisation (non représentés).

La vapeur qui pénètre par l'extrémité inférieure  
20 de chacun des dispositifs de séparation 16 et 18 est centrifugée par les ailettes hélicoïdales 36 et 38, de telle sorte que le fluide secondaire en phase liquide se dépose sur la face interne de la paroi cylindrique 26 avant d'être acheminée par les passages 32 dans la chambre 34.  
25 La teneur en humidité de la vapeur sortant des chambres définies à l'intérieur de la cloison 14 est ainsi réduite par chacun des dispositifs de séparation 16 et 18, de telle sorte que la teneur en humidité de la vapeur contenue dans la chambre 20 est inférieure à 0,25% en poids.

30 Une faible partie de la vapeur peut parvenir par des passages 32 dans la chambre 34. Le fluide en phase vapeur parvenant dans la chambre 34 est alors récupéré après avoir traversé le système de séchage 24 retenant en partie ou en totalité les gouttelettes de liquide sans  
35 engendrer de pertes de charge importantes sur l'écoulement

vapeur. A titre d'exemple, ce système 24 peut être constitué par une cloison poreuse réalisée à partir d'un produit existant dans le commerce sous la marque "KNIT". Le séchage peut aussi être réalisé par simple gravité ou par tout  
5 autre système de séchage (sécheur à choc, à labyrinthe, etc...).

Il résulte de ce qui précède que le rendement des dispositifs de séparation 16 et 18 réalisé conformément à l'invention est suffisamment élevé pour permettre à  
10 un groupe de deux séparateurs montés en série de réduire le taux d'humidité de la vapeur sortant du générateur de vapeur à un niveau acceptable. L'encombrement du générateur de vapeur dans son ensemble s'en trouve sensiblement réduit par rapport à l'encombrement des générateurs de va-  
15 peur munis de dispositifs de séparation de la technique antérieure.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation qui vient d'être décrit à titre d'exemple, mais en couvre toutes les variantes. Ainsi, on  
20 comprendra que les dispositifs de séparation des phases liquide et gazeuse d'un liquide réalisés conformément à l'invention peuvent être utilisés toutes les fois qu'il est nécessaire de procéder à une telle séparation et ne sont pas limités à l'application à un générateur de vapeur  
25 qui vient d'être décrite.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de séparation des phases liquide et vapeur d'un fluide, comprenant une paroi cylindrique (26) dans laquelle sont disposées des ailettes (36, 38), caractérisé en ce que chacune des ailettes se présente  
5 sous la forme d'une surface triangulaire curviligne (ABC, DEF) dont un premier côté (42, 48) jointif avec la paroi (26) définit une hélice d'axe confondu avec l'axe (XX, YY) de la paroi, dont le sommet (A, D) opposé à ce premier côté est disposé sensiblement dans l'axe de la paroi et assem-  
10 blé de façon étanche aux sommets correspondants des autres ailettes, et dont les deux autres côtés définissent un bord d'attaque (44, 50) sensiblement perpendiculaire à l'axe (XX, YY) de la paroi et un bord de fuite (46, 52) incliné par rapport à cet axe.
- 15 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'angle d'inclinaison du bord de fuite (46, 52) par rapport à l'axe (XX, YY) de la paroi est compris entre 30° et 60°.
- 20 3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le bord de fuite (46, 52) de chaque ailette est courbe et définit avec la droite (AC, DF) joignant les sommets correspondants une surface cylindrique incurvée dans le sens de l'hélice définie par le premier côté (42, 48).
- 25 4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le bord d'attaque (44) de chaque ailette est rectiligne.
- 30 5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que chaque ailette (36) comprend du côté du bord d'attaque (50) un prolongement tronconique (54) incurvé dans le sens de l'hélice définie par le premier côté (48), le rayon de courbure de ce prolongement allant en augmentant vers la paroi cylindrique (26).

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le bord de fuite (46, 52) de chaque ailette est biseauté.

5 7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque ailette (36, 38) est développable.

10 8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend de plus une coiffe annulaire (28) disposée dans le prolongement de la paroi cylindrique (26) du côté de la sortie du fluide et une jupe cylindrique (30) de diamètre supérieur au diamètre de la paroi prolongeant la coiffe annulaire (28), le diamètre interne de cette dernière étant inférieur au diamètre de la paroi (26).

15 9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'axe (XX, YY) de la paroi (26) est vertical et en ce que l'entrée du fluide se fait par le bas.

20 10. Générateur de vapeur comprenant une enveloppe externe (12), un premier circuit dans lequel circule un fluide primaire chaud et un second circuit dans lequel circule un fluide secondaire, ce dernier pénétrant dans ladite enveloppe à l'état liquide et en ressortant à l'état de vapeur après avoir emmagasiné une partie des calories véhiculées par le fluide primaire, le second circuit comprenant de plus des moyens de séparation des phases liquide et vapeur de fluide secondaire disposés à proximité de la sortie de l'enveloppe, caractérisé en ce que les moyens de séparation comprennent au moins un groupe de  
25 deux dispositifs de séparation (16, 18) selon l'une quelconque des revendications précédentes raccordés en série.

30 11. Générateur de vapeur selon la revendication 10, caractérisé en ce que les dispositifs de séparation (16, 18) sont réalisés selon les revendications 8 et 9 prises en combinaison, et en ce que la paroi (26) du second dispositif de séparation (18) est raccordée de façon étanche à la coiffe (28) du premier dispositif de séparation (16).

12. Générateur selon la revendication 11, caractérisé en ce que le second circuit comprend une chambre supérieure (20) dans laquelle débouche le second dispositif de séparation (18) et une chambre (34) dans laquelle  
5 débouchent les passages définis entre la paroi (26) de chaque dispositif de séparation (16, 18) et la jupe cylindrique (30) correspondante, les chambres (34 et 20) communiquant par des moyens de séchage (24) à faible perte de charge.

10 13. Générateur selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que chaque ailette (36) du premier dispositif de séparation (16) comprend du côté du bord d'attaque (50) un prolongement tronconique (54) incurvé dans le sens de l'hélice définie par le pre-  
15 mier côté (48), le rayon de courbure de ce prolongement allant en augmentant vers la paroi cylindrique (26) correspondante, alors que le bord d'attaque (44) de chaque ailette (38) du second dispositif de séparation (18) est rectiligne.

1 / 2

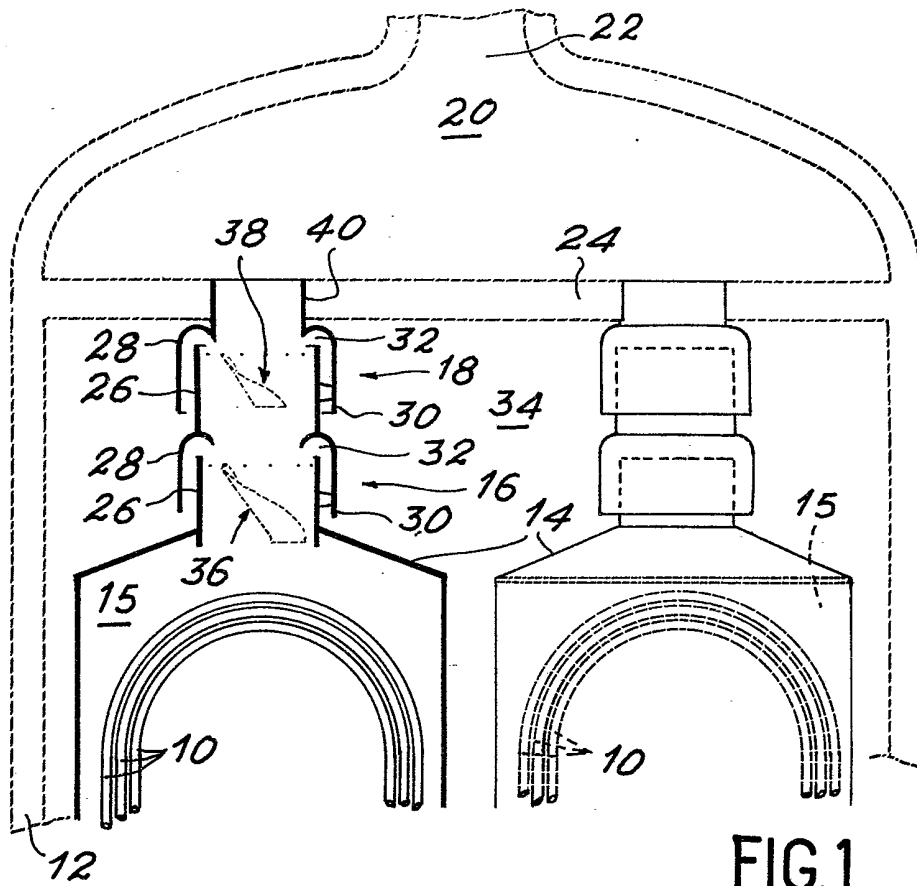


FIG. 1

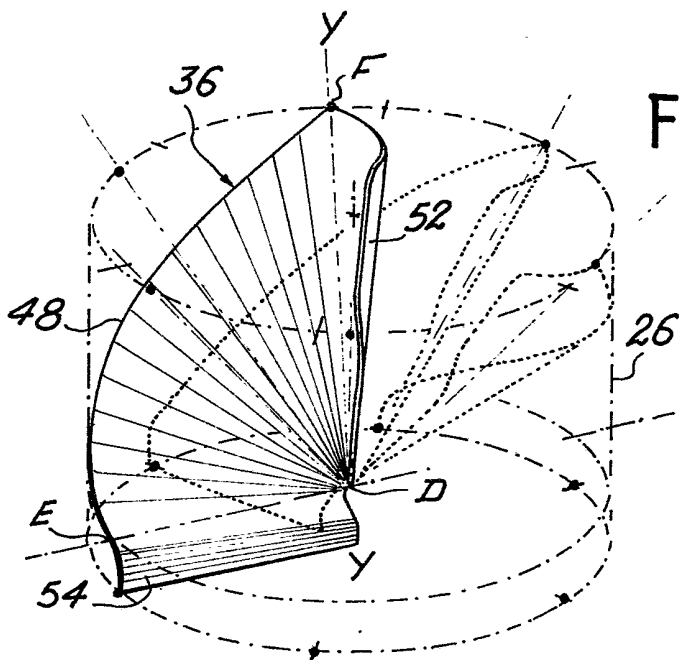


FIG. 4

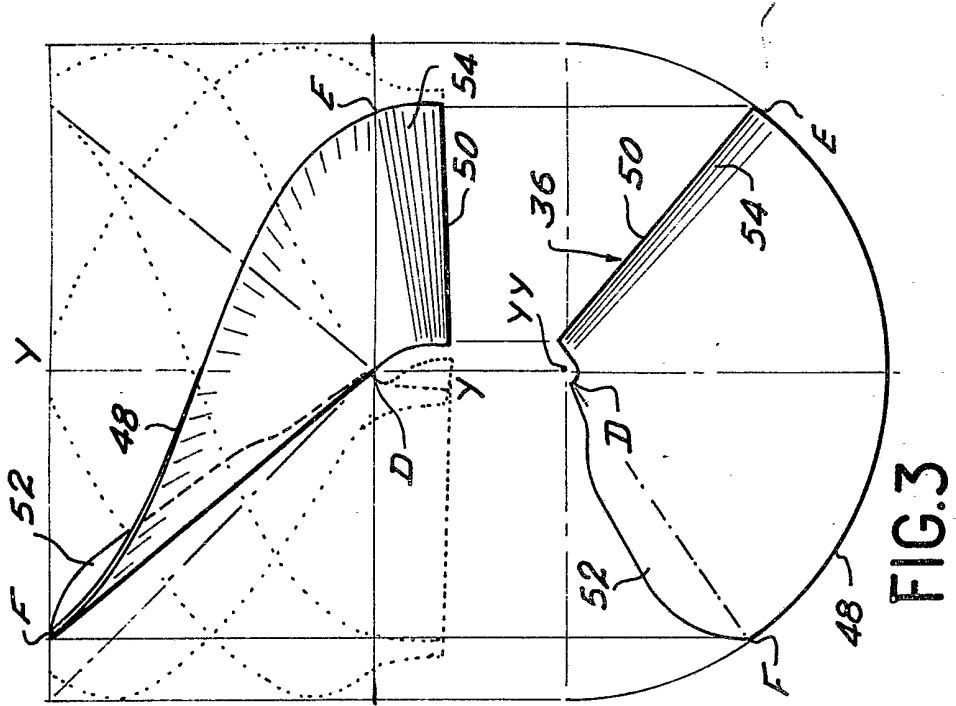


FIG. 2

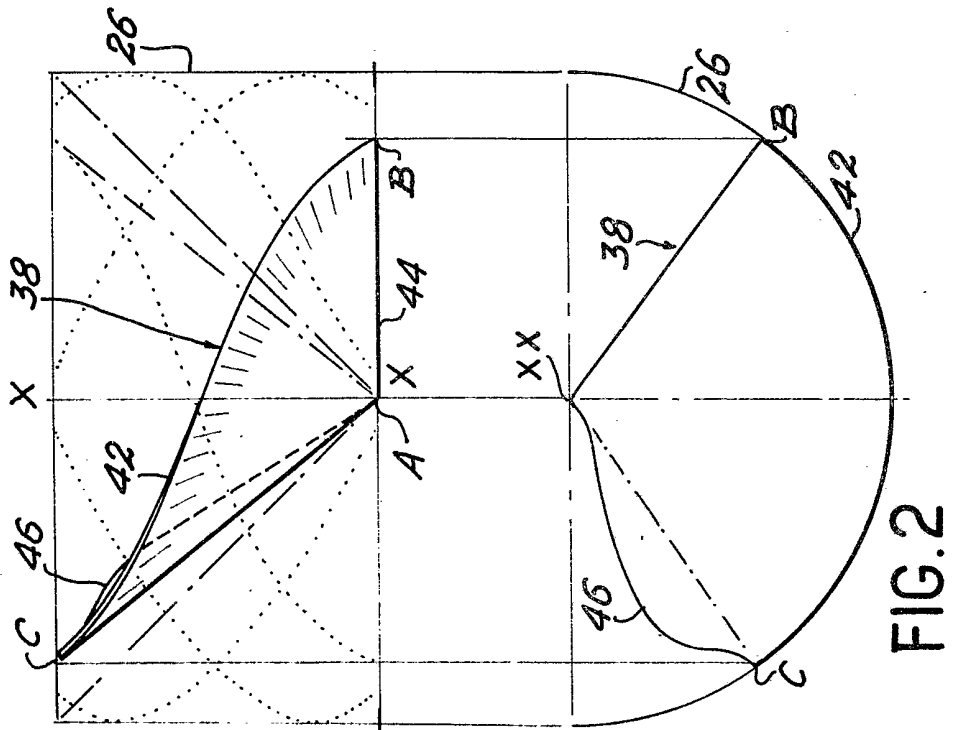


FIG. 3