

(19)



(11)

EP 2 029 895 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
06.10.2010 Bulletin 2010/40

(51) Int Cl.:
F04D 3/02 ^(2006.01) **F04D 31/00** ^(2006.01)
F04D 29/18 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **07731306.2**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2007/000641

(22) Date de dépôt: **17.04.2007**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2007/119010 (25.10.2007 Gazette 2007/43)

(54) **POMPE POLYPHASIQUE COMPACTE**

KOMPAKTE MEHRPHASENPUMPE

COMPACT POLYPHASE PUMP

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**

(30) Priorité: **18.04.2006 FR 0603377**

(43) Date de publication de la demande:
04.03.2009 Bulletin 2009/10

(73) Titulaire: **IFP Energies nouvelles
92852 Reuil-Malmaison Cedex (FR)**

(72) Inventeurs:
• **PAGNIER, Philippe
38370 Saint Clair du Rhone (FR)**

• **AKHRAS, Abdul, Rahman
69200 Venissieux (FR)**
• **VILAGINES, Régis
38200 Vienne (FR)**
• **FALCIMAIGNE, Jean
92270 Bois Colombes (FR)**

(56) Documents cités:
EP-A1- 0 671 563 WO-A-99/56022
DE-A1- 19 941 323 US-A- 1 554 591
US-A- 5 071 317 US-A- 5 961 282
US-A1- 2005 186 065

EP 2 029 895 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine des pompes polyphasiques permettant la compression d'un mélange de gaz et de liquide éventuellement visqueux.

[0002] Le document WO 99/56022 est considéré comme le document décrivant l'état de la technique antérieure le plus proche.

[0003] Les pompes polyphasiques rotodynamiques actuelles, par exemple décrites par le document FR 2 665 224 sont constituées par la succession de plusieurs étages de compression, typiquement de cinq à quinze étages. Chaque étage est composé d'un élément mobile, nommé roue ou rouet, et d'un élément fixe appelé redresseur. L'entrée et la sortie de chaque élément sont axiales, ce qui, par la nature même de cette géométrie, confère à ces pompes, un domaine de fonctionnement privilégié correspondant à de faibles valeurs du gain pression par étage dans la gamme des débits relativement élevés. Ce type de pompe est donc particulièrement bien adapté pour des stations de compression de forte puissance. Le gain de pression de telles pompes peut être accru en augmentant le nombre d'étages ou en augmentant la vitesse de rotation, ce qui, selon le type de l'application, peut malheureusement conduire à des problèmes d'encombrement ou de fiabilité des machines sur les sites industriels.

[0004] Pour les applications correspondant à des débits faibles et des gains de pression élevés, le concept généralement le plus utilisé pour la compression des mélanges de gaz et de liquide, est la pompe volumétrique du type à double vis. Cette technologie requiert, cependant, des opérations de maintenance mécanique relativement fréquentes pouvant limiter son usage sur des sites isolés ou difficilement accessibles comme les grands fonds marins ou les puits pétroliers.

[0005] La présente invention propose une pompe polyphasique rotodynamique qui permet notamment de réaliser la compression de mélanges de gaz et de liquides dans un domaine de fonctionnement précédemment réservé aux pompes du type à double vis ou à cavité progressante (pompes Moineau), tout en s'affranchissant des problèmes inhérents aux pompes volumétriques. Le dispositif selon l'invention est une pompe qui peut être multiétagée dont les roues mobiles comportent un nombre restreint d'aubages et présentent une entrée quasi axiale et une sortie semi-radiale.

[0006] De manière générale, la présente invention concerne une machine rotodynamique pour comprimer un fluide multiphasique comportant au moins une phase gazeuse et une phase liquide. La machine selon l'invention comporte au moins une roue mobile en rotation autour d'un axe et montée dans un carter et au moins une roue fixe solidaire du carter. Ladite roue mobile comporte un moyeu muni d'au moins deux pales de manière à former au moins deux canaux délimités par le moyeu, le carter et deux desdites pales. Et lesdits canaux possédant une partie centrifuge. La machine rotodynamique

selon l'invention est caractérisée en ce que la longueur d'un des canaux définie comme le rapport entre le volume d'un canal et l'aire orthoradiale maximum dudit canal est comprise entre 10 cm et 20 cm, l'aire orthoradiale étant mesurée entre le bord d'attaque et le bord de fuite des pales de la roue mobile dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation, et en ce que le rapport entre l'aire de la section orthoradiale de canal la plus grande et l'aire de la section orthoradiale de canal la plus petite est inférieur ou égal à 3, de préférence inférieur ou égal à 2.

[0007] Selon l'invention, la roue mobile peut posséder au moins trois canaux, lesdits canaux ayant une section orthoradiale comprise entre 2 cm² au minimum et 30 cm² au maximum.

[0008] La roue mobile peut posséder n pales équidistantes réparties dans la direction périphérique sur un secteur angulaire compris entre $2\pi/n$ radians et $4\pi/n$ radians.

[0009] L'angle β formé, dans un plan tangentiel, par le projeté de la droite tangente à la direction moyenne d'un canal de la roue mobile et par l'axe de rotation peut être supérieur à 60°, de préférence à 70°.

[0010] Le rayon interne du carter mesuré au bord de fuite des pales de ladite roue mobile peut être supérieur audit rayon mesuré au bord d'attaque des pales de ladite roue mobile.

[0011] L'angle δ formé dans un plan méridien par le projeté de la droite tangente à la direction moyenne d'un canal de la roue mobile et l'axe de rotation peut varier d'une valeur comprise entre -20° à +20° au bord d'attaque des pales de la roue mobile jusqu'à une valeur comprise entre 0,1° et 70° au bord de fuite des pales de la roue mobile.

[0012] L'épaisseur des pales de la roue mobile, mesurée dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation, peut être minimum à un rayon inférieur à 0,9 fois le plus grand rayon de la roue mobile mesuré dans ledit plan.

[0013] La machine selon l'invention peut comporter plusieurs roues mobiles attachées à un même arbre de rotation.

[0014] La roue fixe peut comporter un moyeu muni d'au moins deux pales et la distance entre les pales de la roue mobile et les pales de la roue fixe, est limitée à une valeur maximale de 6 millimètres.

[0015] Les canaux d'une roue fixe délimités par le moyeu, le carter et les parois des pales peuvent posséder une partie centrifuge et une partie centripète.

[0016] Les roues fixes peuvent posséder au moins deux fois plus de canaux que les roues mobiles.

[0017] La pompe selon l'invention permet d'atteindre des performances de compression similaires à celles des pompes polyphasiques axiales, mais avec une vitesse de rotation réduite de 30 % environ.

[0018] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris et apparaîtront clairement à la lecture de la description faite ci-après en se référant aux dessins parmi lesquels :

- la figure 1 représente, en coupe axiale, une pompe

suivant l'invention,

- la figure 2 est une vue développée de la trace résultant de l'intersection des pales d'une roue mobile avec une surface de révolution,
- la figure 3 représente, en coupe axiale, une roue mobile,
- les figures 4 à 7 schématisent différents profils de pale.

[0019] La pompe représentée en coupe axiale sur la figure 1 comporte au moins une cellule de compression selon l'invention. Les organes de la pompe sont montés à l'intérieur du carter 1 et autour de l'arbre tournant 2 autour de l'axe A-A'. Le fluide à comprimer est introduit dans la pompe par l'orifice d'admission 3.

[0020] La circulation du fluide introduit par l'orifice 3 est adaptée à la pompe par une première roue 5 qui est fixe par rapport au carter 1.

[0021] Ensuite l'énergie totale du fluide est augmentée au moyen de la cellule de compression composée par la roue mobile 6 et la roue fixe ou redresseur 7. La roue mobile 6 est entraînée en rotation par l'arbre 2. Le redresseur 7 est fixe par rapport au carter 1. Les aubages ou pales des roues 6 et 7 sont schématisés sur la figure 2. Les aubages 20 sont fixés sur le moyeu 8 en rotation de la roue 6. Il existe un jeu entre l'extrémité des aubages 20 de la roue 6 et le carter 1, permettant à cette roue de tourner librement dans le carter 1 immobile. En suivant la direction périphérique, les n pales 20 d'une roue 6 s'étendent préférentiellement sur une portion angulaire égale à $2\pi/n$ radians, au moins. Ainsi les aubes de la roue 6 se recouvrent partiellement de manière à former des canaux dans lesquels le fluide pompé est forcé de s'écouler pendant une fraction de la rotation lors de son passage à travers la roue mobile 6. La roue fixe 7 est munie d'aubes 21 solidaires du moyeu 9 de la roue 7 et du carter 1.

[0022] Au niveau de la roue 6, le fluide circule dans des canaux délimités par le moyeu de la roue 6, le carter 1 et deux aubes successives 20 fixées sur le moyeu 8. Une roue mobile 6 possède donc un nombre de canaux égal au nombre de ses pales 20. Ces canaux ont une forme spécifique. Plus précisément, le rayon intérieur du canal, c'est-à-dire le rayon extérieur du moyeu 8 de la roue 6, et le rayon extérieur du canal, c'est-à-dire le rayon intérieur du carter 1 au niveau de la roue 6, augmentent progressivement de l'entrée vers la sortie de la roue 6. Néanmoins, la hauteur de la section fluide, c'est-à-dire l'envergure des aubages 20, mesurée dans le plan perpendiculaire à l'axe de rotation de la pompe, entre le moyeu 8 et le carter 1 est faible et diminue progressivement, de l'entrée vers la sortie de la roue. Ainsi, globalement, la section de passage dans un canal augmente de façon à s'affranchir d'une décélération trop importante du fluide lors de son passage dans la roue mobile 6.

[0023] La section d'un canal d'une roue mobile 6 peut être définie par les caractéristiques présentées ci-après.

[0024] La section orthoradiale S_r des canaux est l'aire

définie par l'intersection entre un canal interaubes de la roue 6 avec un plan perpendiculaire à l'axe de rotation A-A' de la roue. La variation de S_r entre l'entrée et la sortie de la roue mobile 6 peut être définie par une fonction de la coordonnée géométrique (z/L) mesurée suivant l'axe de rotation, avec $z=0$ dans la section d'entrée de la roue, c'est-à-dire au niveau des bords d'attaque de la roue 6 et $z=L$ dans la section de sortie de la roue, c'est-à-dire au niveau des bords de fuite de la roue 6.

[0025] La section orthogonale S_f des canaux est l'aire définie par l'intersection entre un canal interaubes et un plan perpendiculaire à la direction moyenne du canal au point considéré. Les sections S_f sont une bonne approximation des sections normales offertes au fluide s'écoulant dans le canal entre deux aubes successives de la roue 6.

[0026] La figure 2 représente le tracé géométrique des pales 20 sur la surface développée d'une enveloppe de révolution. L'axe z représente la direction de l'axe de rotation A-A' et l'axe $R\theta$ représente la direction périphérique qui est perpendiculaire à l'axe A-A'. On a représenté sur la figure 2 les plans contenant les sections orthoradiale S_r et orthogonale S_f d'un canal.

[0027] Pour toute section S_f , on peut définir un couple d'angles (δ, β) où δ est l'angle formé dans le plan méridien (plan défini par le rayon et l'axe de rotation A-A') par le projeté de la droite Δ tangente à la direction moyenne du canal et l'axe de rotation A-A' et, respectivement, β est l'angle formé dans le plan tangentiel (plan défini par la direction périphérique et l'axe de rotation A-A') par le projeté de la droite Δ et l'axe de rotation A-A'. Le projeté de la droite Δ sur le plan méridien ou sur le plan tangentiel est effectué selon une direction perpendiculaire au plan considéré.

[0028] La figure 2 représente un angle β formé par la droite Δ et l'axe de rotation. Sur la figure 3 qui représente une roue mobile 6 vue selon une coupe axiale, on peut lire l'angle δ formé par la droite Δ et l'axe de rotation.

[0029] Les sections S_r et S_f , ainsi que les angles δ et β doivent vérifier des critères de dimensionnement pour obtenir une pompe suivant l'invention.

[0030] Une caractéristique importante est que l'angle β peut être supérieur à 60° , de préférence 70° , entre le bord d'attaque et le bord de fuite de l'aubage de la roue 6.

[0031] En outre, l'angle δ peut être limité dans les régions proches de l'entrée et de la sortie de la roue 6. De préférence, on place le bord d'attaque des aubages de la roue 6 dans une zone où δ est compris entre -20 degrés et $+20$ degrés afin d'obtenir un écoulement de direction sensiblement axiale à l'entrée de la roue. Compte tenu de la grande variété de formes possibles des bords d'attaque des pales de la roue 6, il peut être avantageux de choisir des valeurs négatives de l'angle δ au niveau de la section d'entrée de la roue 6. Une telle disposition est originale car elle correspond à une roue mobile 6 dans laquelle la direction de l'écoulement est globalement centripète dans la région d'entrée puis devient progressivement globalement centrifuge. Du point de vue de l'hom-

me de l'art, cette caractéristique est défavorable aux performances de compression des fluides monophasiques, gazeux ou liquides, elle n'est donc jamais rencontrée dans les turbomachines usuelles. Dans le cas des pompes suivant l'invention, elle a cependant l'intérêt de permettre l'obtention de canaux de longueur suffisante, propices à la compression des mélanges gaz-liquides, dans un encombrement axial minimum.

[0032] En outre, on peut choisir préférentiellement de placer le bord de fuite des aubages de la roue 6 dans une zone où δ peut être compris entre 0,1 degrés et 70 degrés afin d'éviter les écoulements purement centrifuges en sortie des roues mobiles.

[0033] Corrélativement, l'aire des sections S_r et S_f , varie de façon à offrir au mélange gaz-liquide s'écoulant à travers la roue 6, des canaux de longueur et de diamètre hydraulique équivalents adaptés. Des expérimentations ont montré que la performance de compression des mélanges de gaz et de liquides est optimisée dans un domaine de variation de S_r et S_f , compris entre 2 cm² et 30 cm², de préférence entre 2 cm² et 20 cm², en tout point situé entre la section d'entrée et la section de sortie de la roue 6. On peut obtenir des caractéristiques appropriées pour les sections S_r et S_f , en choisissant judicieusement, d'une part, le nombre et l'épaisseur des aubes et, d'autre part, la forme de la veine fluide dans le plan méridien.

[0034] Avantageusement, l'épaisseur des pales 20 est définie de manière à conférer des sections orthogonales de forme oblongue aux canaux de la roue 6. Cette géométrie permet d'améliorer le mélange d'un fluide biphasique dans les canaux de la roue mobile. Différentes géométries sont représentées par les figures 4 à 7 et listées de façon non limitative et uniquement à titre d'exemples de réalisations possibles des pales de la roue mobile 6 de la pompe polyphasique suivant l'invention. Les figures 4 à 7 représentent des profils de pales situées entre le moyeu 8 et le carter 1, vus dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation A-A'. L'épaisseur minimum des profils est indiquée par la référence E. Sur les figures 4 et 5, on utilise, par exemple, un aubage de type "champignon", c'est-à-dire dont l'épaisseur mesurée en bout d'aube dans une section orthogonale est supérieure à l'épaisseur de l'aube mesurée à un rayon inférieur. La figure 6 représente un profil de pale à pied mince sans congé de raccordement de l'aube au moyeu 8. L'épaisseur minimum E est située au niveau du raccordement de l'aube au moyeu 8. Alternativement, on peut mettre en oeuvre des congés de raccordement entre le moyeu de la roue et les aubes possédant une forme non circulaire ou une forme circulaire avec un rayon important, comme représenté par la figure 7. Le rayon de ces congés de raccordement peut atteindre une valeur maximum égale à l'envergure de la pale.

[0035] Au stade de la conception des aubes des roues mobile 6 de la pompe suivant l'invention, ces géométries peuvent être définies au moyen d'une loi d'épaisseur de l'aubage dans la direction radiale. Cette loi d'épaisseur

dans la direction radiale permet de définir la surface des aubages en tous points à partir d'une loi d'épaisseur nominale de l'aube établie par exemple, mais de façon non limitative, en fonction de la coordonnée géométrique (z/L) à l'extrémité des aubes ou au moyeu. On définit ainsi une méthode originale de génération de la géométrie des aubes de la roue 6 bien adaptée à la conception des pompes polyphasiques suivant l'invention.

[0036] A titre d'exemple d'illustration des modes de réalisation possibles de la roue 6, on peut utiliser la loi d'épaisseur nominale au carter (notée e_{carter}) d'un profil elliptique décrit suivant la direction axiale en fonction de la coordonnée géométrique (z/L) par une équation de la

$$\text{forme } \frac{\left(\frac{z}{L} - \frac{z_0}{L}\right)^2}{A^2} + \frac{(e_{\text{carter}} - e_0)^2}{B^2} = 1, \quad \text{avec}$$

A, B, Z_0 et e_0 des nombres réels positifs, couplée avec une loi d'épaisseur radiale sous la forme $e(r^*) = (r^* - k)^2$ pour définir e_{carter} l'épaisseur de l'aubage au carter puis l'épaisseur de l'aubage en tout point de la roue 6 en fonction de la variable $r^* = (r - R_{\text{moyeu}}) / (R_{\text{carter}} - R_{\text{moyeu}})$ et du paramètre k, compris entre 0 et 1.

[0037] Au niveau de la roue 7, le fluide circule dans des canaux délimités par le moyeu 9, le carter 1 et les aubes 21. Afin de favoriser l'écoulement des mélanges de gaz et de liquide à travers la machine suivant l'invention, il est important de limiter au minimum la diffusion des écoulements dans les parties non aubées entre les roues mobiles et les roues fixes. Cela confère à la machine suivant l'invention des canaux inter-aubes de la roue 7 ayant des formes originales. De préférence, la roue fixe présente un aubage à triple courbure. Plus précisément un canal inter-aubes de la roue 7 comporte une première partie centrifuge, suivie d'une deuxième partie centripète. En d'autres termes, sur la première partie, le rayon intérieur du canal, c'est-à-dire le rayon extérieur du moyeu de la roue 7 et le rayon extérieur du canal, c'est-à-dire le rayon intérieur du carter 1 augmentent, puis sur la deuxième partie, le rayon du moyeu et le rayon du carter diminuent progressivement. L'envergure des aubages augmente progressivement de l'entrée vers la sortie de la roue fixe 7. La section d'un canal de la roue 7 peut être définie de façon analogue aux canaux de roue mobile 6.

[0038] Le bord de fuite des aubages de la roue 6 est situé à une distance e_1 du bord d'attaque des aubages de la roue 7. De même, le bord de fuite des aubages de la roue 7 est situé à une distance e_2 du bord d'attaque des aubages de la roue suivante. Selon l'invention, ces distances e_1 et e_2 , nommées couramment jeux d'entrefer, sont constantes sur la hauteur de l'aubage. Avantageusement, tous les jeux d'entrefer peuvent être compris dans l'intervalle [0,1 mm ; 6 mm].

[0039] La pompe selon l'invention peut comporter plusieurs cellules de compression disposées successive-

ment le long de l'arbre 2.

[0040] Après passage à travers les différentes cellules de compression, le fluide sous pression est évacué de la pompe par l'orifice d'évacuation 4.

[0041] La pompe polyphasique selon l'invention, trouve une application favorable dans la compression de mélanges de gaz et de liquide dont la viscosité peut être importante. Elle constitue donc une solution attrayante pour la compression d'effluents pétroliers, en particulier pour les bruts lourds. En outre, la pompe polyphasique semi-radiale, également appelée mixte, peut être utilisée à terre, sur des champs pétroliers isolés ou en mer profonde en version sous-marine, et plus généralement sur des sites isolés exigeant une maintenance faible. Par sa compacité, la pompe selon l'invention est également attractive pour des applications sur des plates-formes en mer. Enfin, son utilisation, avec une vitesse de rotation relativement faible, peut permettre l'emploi d'une motorisation à vitesse fixe, nettement moins onéreuse et plus fiable que les systèmes d'entraînement à vitesse variable.

Revendications

1. Machine rotodynamique pour comprimer un fluide multiphasique comportant au moins une phase gazeuse et une phase liquide, ladite machine comportant au moins une roue mobile en rotation autour d'un axe et montée dans un carter et au moins une roue fixe solidaire du carter, ladite roue mobile comportant un moyeu muni d'au moins deux pales de manière à former au moins deux canaux délimités par le moyeu, le carter et deux desdites pales, lesdits canaux possédant une partie centrifuge, **caractérisée en ce que** la longueur d'un des canaux définie comme le rapport entre le volume d'un canal et l'aire orthoradiale maximum dudit canal est comprise entre 10 cm et 20 cm, l'aire orthoradiale étant mesurée entre le bord d'attaque et le bord de fuite des pales de la roue mobile dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation, **en ce que** le rapport entre l'aire de la section orthoradiale de canal la plus grande et l'aire de la section orthoradiale de canal la plus petite est inférieur ou égal à 3, et **en ce que** l'angle δ formé dans un plan méridien par le projeté de la droite tangente à la direction moyenne d'un canal de la roue mobile et l'axe de rotation varie d'une valeur négative comprise entre -20° à 0° au bord d'attaque des pales de la roue mobile jusqu'à une valeur comprise entre $0,1^\circ$ et 70° au bord de fuite des pales de la roue mobile.
2. Machine selon la revendication 1, dans laquelle ladite roue mobile possède au moins trois canaux, lesdits canaux ayant une section orthoradiale comprise entre 2 cm^2 au minimum et 30 cm^2 au maximum.

3. Machine selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle ladite roue mobile possède n pales équidistantes réparties dans la direction périphérique sur un secteur angulaire compris entre $2\pi/n$ radians et $4\pi/n$ radians.
4. Machine selon la revendication 3, dans laquelle l'angle β formé, dans un plan tangentiel, par le projeté de la droite tangente à la direction moyenne d'un canal de la roue mobile et par l'axe de rotation est supérieur à 60° .
5. Machine selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle le rayon interne du carter mesuré au bord de fuite des pales de ladite roue mobile est supérieur audit rayon mesuré au bord d'attaque des pales de ladite roue mobile.
6. Machine selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle l'épaisseur des pales de la roue mobile, mesurée dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation est minimum à un rayon inférieur à 0,9 fois le plus grand rayon de la roue mobile mesuré dans ledit plan.
7. Machine selon l'une des revendications 1 à 6, comportant plusieurs roues mobiles attachées à un même arbre de rotation.
8. Machine selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle ladite roue fixe comporte un moyeu muni d'au moins deux pales et dans laquelle la distance entre les pales de la roue mobile et les pales de la roue fixe, est limitée à une valeur maximale de 6 millimètres.
9. Machine selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle les canaux d'une roue fixe délimités par le moyeu, le carter et les parois des pales possèdent une partie centrifuge et une partie centripète.
10. Machine selon l'une des revendications 8 et 9, dans laquelle les roues fixes possèdent au moins deux fois plus de canaux que les roues mobiles.

Claims

1. A rotodynamic machine for compressing a multiphase fluid comprising at least one gaseous phase and one liquid phase, said machine comprising at least one mobile wheel which rotates about an axis and which is mounted in a casing and at least one fixed wheel which is integral with the casing, said mobile wheel comprising a hub equipped with at least two blades so as to form at least two channels delimited by the hub, the casing and two of said blades, whereby said channels have a centrifugal

- part, **characterised in that** the length of one of the channels defined as the ratio of the volume of a channel to the maximum orthoradial area of said channel is between 10cm and 20cm, whereby the orthoradial area is measured between the leading edge and the trailing edge of the blades of the mobile wheel in a plane perpendicular to the axis of rotation, **in that** the ratio of the area of the largest channel orthoradial cross-section to the area of the smallest channel orthoradial cross-section is less than or equal to 3, and **in that** the angle δ formed in a meridian plane by the projection of the tangent line to the mean direction of a channel of the mobile wheel and the axis of rotation varies by a negative value of between -20° and 0° at the leading edge of the blades of the mobile wheel up to a value of between 0.1° and 70° at the trailing edge of the blades of the mobile wheel.
2. The machine according to claim 1, wherein said mobile wheel has at least three channels, said channels having an orthoradial cross-section of between a minimum of 2cm^2 and a maximum of 30cm^2 .
 3. The machine according to one of claims 1 and 2, wherein said mobile wheel has n equidistant blades distributed in the peripheral direction over an angular sector ranging between $2\pi/n$ radians and $4\pi/n$ radians.
 4. The machine according to claim 3, wherein the angle β formed, in a tangential plane, by the projection of the tangent line to the mean direction of a channel of the mobile wheel and by the axis of rotation is greater than 60° .
 5. The machine according to one of claims 1 to 4, wherein the inside radius of the casing measured at the trailing edge of the blades of said mobile wheel is greater than said radius measured at the leading edge of the blades of said mobile wheel.
 6. The machine according to one of claims 1 to 5, wherein the thickness of the blades of the mobile wheel, measured in a plane perpendicular to the axis of rotation, is minimum at a radius which is less than 0.9 times the largest radius of the mobile wheel measured in said plane.
 7. The machine according to one of claims 1 to 6, comprising several mobile wheels attached to a single rotating shaft.
 8. The machine according to one of claims 1 to 7, wherein said fixed wheel comprises a hub equipped with at least two blades and wherein the distance between the blades of the mobile wheel and the blades of the fixed wheel is limited to a maximum value of 6 millimetres.

9. The machine according to one of claims 1 to 8, wherein the channels of a fixed wheel delimited by the hub, the casing and the walls of the blades have a centrifugal part and a centripetal part.
10. The machine according to one of claims 8 and 9, wherein the fixed wheels have at least twice as many channels as the mobile wheels.

Patentansprüche

1. Rotodynamische Maschine, um ein Mehrphasenfluid zu verdichten, das mindestens eine gasförmige Phase und eine flüssige Phase aufweist, wobei diese Maschine mindestens ein bewegliches Rad umfasst, das um eine Achse drehbar ist und in ein Gehäuse eingebaut ist, und mindestens ein feststehendes Rad, das mit dem Gehäuse fest verbunden ist, wobei dieses bewegliche Rad eine Nabe aufweist, die mit mindestens zwei Flügeln versehen ist, um mindestens zwei Kanäle zu formen, die durch die Nabe, das Gehäuse und diese Flügeln begrenzt werden, wobei diese Kanäle einen zentrifugalen Abschnitt aufweisen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge eines der Kanäle, die als das Verhältnis zwischen dem Volumen eines Kanals und der maximalen orthoradialen Fläche dieses Kanals definiert wird, zwischen 10 cm und 20 cm liegt; wobei diese orthoradiale Fläche zwischen der Eintrittskante und der Austrittskante der Flügel des beweglichen Rads in einer Ebene rechtwinklig zur Drehachse gemessen wird, **dadurch**, dass das Verhältnis zwischen der orthoradialen Querschnittsfläche des größten Kanals und der orthoradialen Querschnittsfläche des kleinsten Kanals kleiner oder gleich 3 ist, und **dadurch**, dass der Winkel δ , der in einer Meridianebene durch die Projektion der Geraden, die die mittlere Richtung eines Kanals des beweglichen Rads berührt, und der Drehachse gebildet wird, von einem negativen Wert, der an der Eintrittskante der Flügel des beweglichen Rads zwischen -20° und 0° liegt, bis einem Wert variiert, der an der Austrittskante der Flügel des beweglichen Rads zwischen $0,1^\circ$ und 70° liegt
2. Maschine nach Anspruch 1, wobei das bewegliche Rad mindestens drei Kanäle aufweist, wobei diese Kanäle eine orthoradiale Querschnittsfläche zwischen minimal 2 cm^2 und maximal 30 cm^2 liegt.
3. Maschine nach einem der Ansprüche 1 und 2, wobei das bewegliche Rad n abstandsgleiche Flügel aufweist, die in der Umfangsrichtung auf einem Winkelsektor zwischen $2\pi/n$ -Radianten und $4\pi/n$ -Radianten verteilt sind.
4. Maschine nach Anspruch 3, wobei der Winkel β , der

in einer Tangentialebene durch die Projektion der Geraden, welche die mittlere Richtung eines Kanals des beweglichen Rads berührt, und der Drehachse gebildet wird, größer als 60° ist.

5. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Innenradius des Gehäuses, der an der Austrittskante der Flügel des beweglichen Rads gemessen wird, größer ist als dieser Radius, der an der Eintrittskante des beweglichen Rads gemessen wird.
5
10
6. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Dicke der Flügel des beweglichen Rads, in einer Ebene rechtwinklig zur Drehachse gemessen, an einem Radius, der kleiner ist als das 0,9-fache des größten Radius des beweglichen Rads, minimal ist.
15
7. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, umfassend mehrere bewegliche Räder, die an eine gleiche Welle montiert sind.
20
8. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das feststehende Rad eine Nabe aufweist, die mit mindestens zwei Flügeln versehen ist, und wobei der Abstand zwischen den Flügeln des beweglichen Rads und den Flügeln des feststehenden Rads auf einen Maximalwert von 6 Millimeter begrenzt ist.
25
9. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Kanäle eines feststehenden Rads, die durch die Nabe, das Gehäuse und die Wände der Flügel begrenzt werden, einen zentrifugalen Abschnitt und einen zentripetalen Abschnitt aufweisen.
30
10. Maschine nach einem der Ansprüche 8 und 9, wobei die feststehenden Räder mindestens zweimal mehr Kanäle aufweisen als die beweglichen Räder.
35

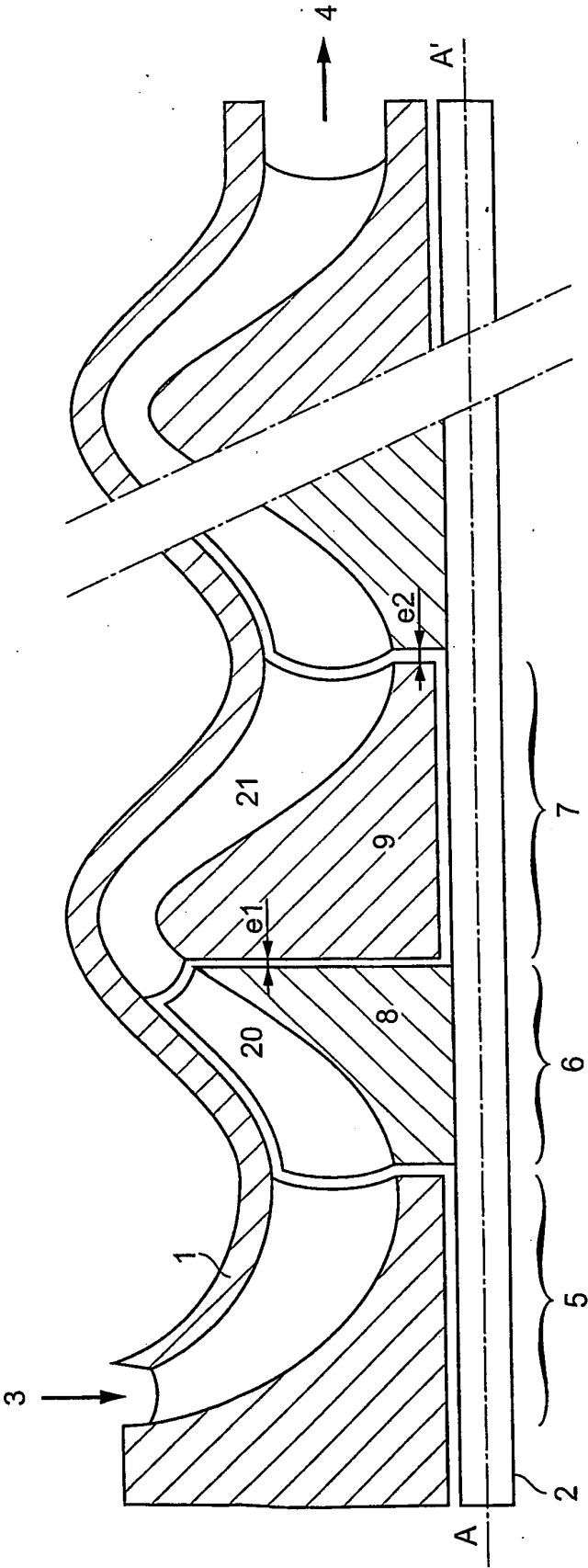
40

45

50

55

Figure 1



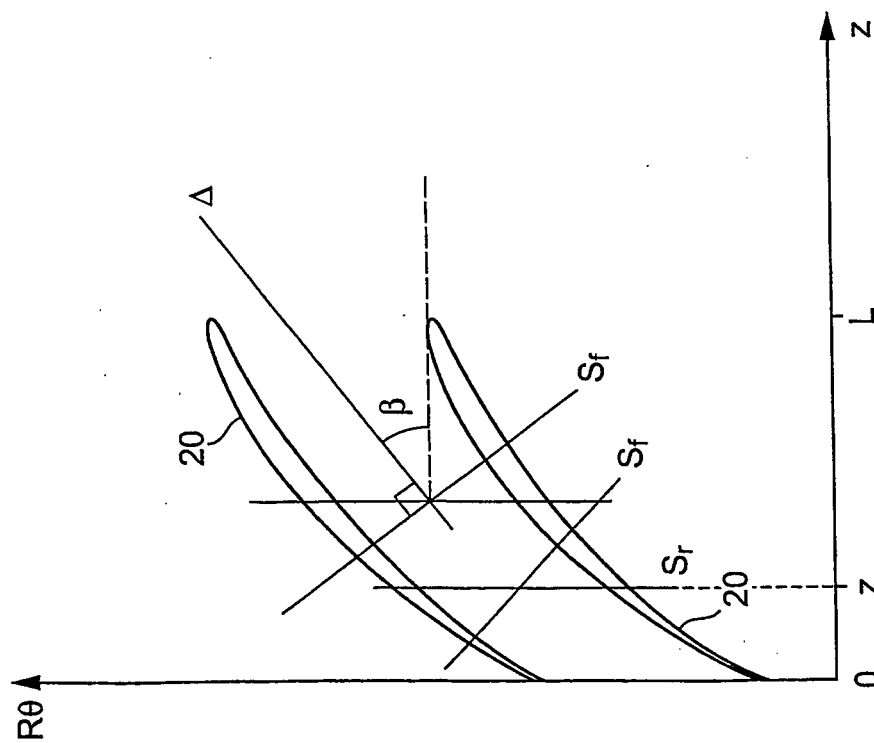


Figure 2

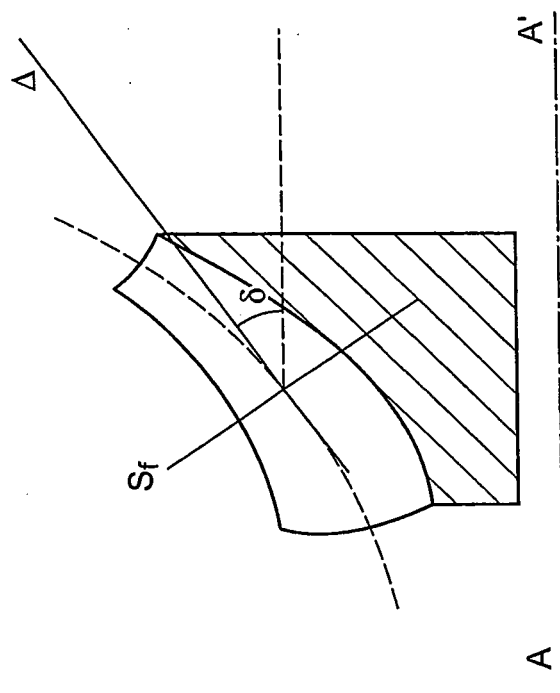
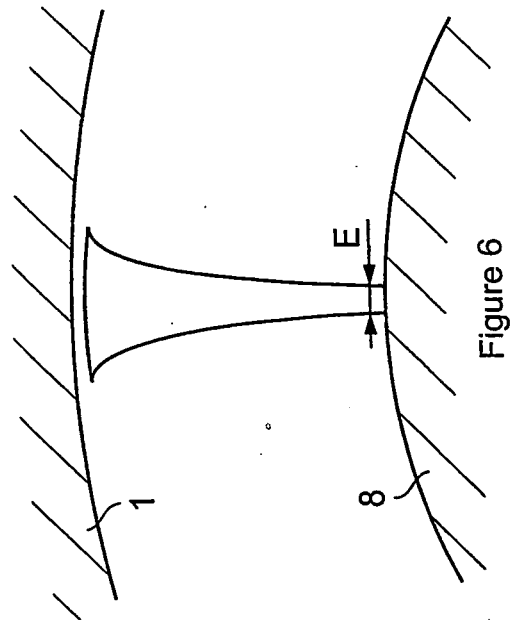
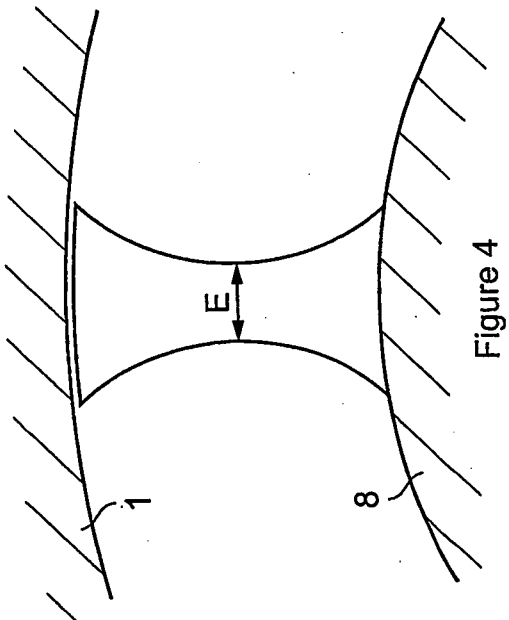
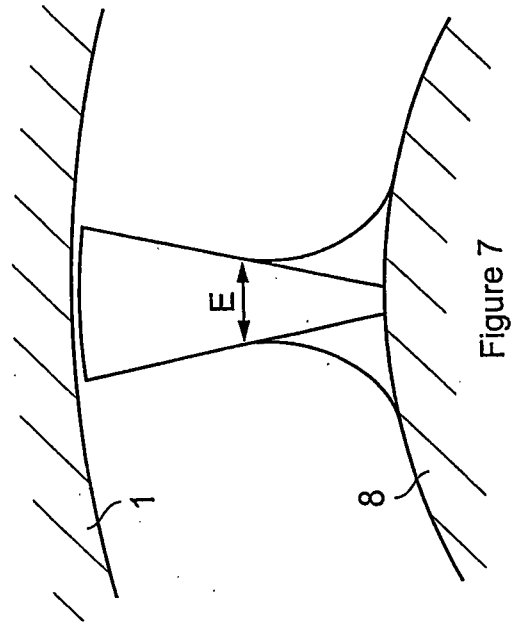
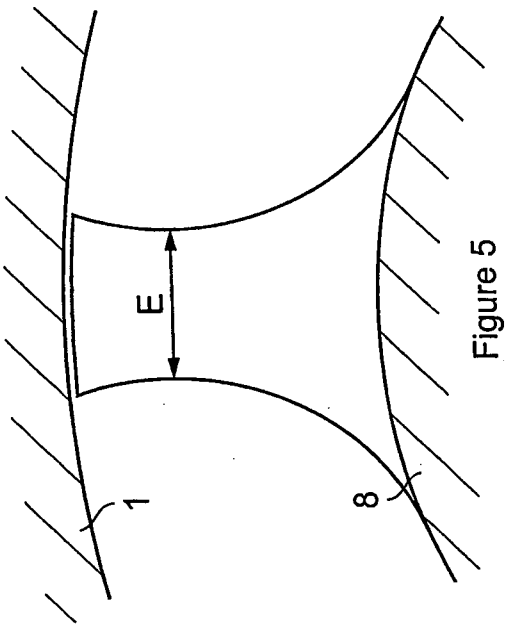


Figure 3



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 9956022 A [0002]
- FR 2665224 [0003]