

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 16337

-
- (54) Procédé de fonctionnement d'une turbomachine axiale et machine de ce genre pour la mise en œuvre du procédé.
- (51) Classification internationale (Int. Cl.³). F 04 D 29/66.
- (22) Date de dépôt..... 21 août 1981.
- (33) (32) (31) Priorité revendiquée : RFA, 22 août 1980, n° P 30 31 686.0.

- (41) Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 8 du 26-2-1982.

-
- (71) Déposant : Société dite : WILHELM GEBHARDT GMBH, résidant en RFA.

- (72) Invention de : Gerd Bodzian.

- (73) Titulaire : *Idem* (71)

- (74) Mandataire : Pierre Nuss, conseil en brevets,
10, rue Jacques Kablé, 67000 Strasbourg.

L'invention concerne un procédé de fonctionnement d'une turbomachine axiale comportant un rotor muni d'un moyeu et auquel est adjointe une enveloppe par exemple cylindrique. L'invention concerne en outre une turbomachine axiale pour la mise en oeuvre du nouveau procédé, comportant un rotor entouré d'une enveloppe par exemple cylindrique.

Il est connu que dans les turbomachines axiales telles que les ventilateurs axiaux, compresseurs axiaux et pompes axiales, en cas de fort étranglement en dessous de la gamme normale de fonctionnement, donc en cas de débit réduit, il se produit une instabilité de la caractéristique qui commence, sur celle-ci, à gauche du point dit "de décollement". Cette instabilité de la caractéristique doit être attribuée à des phénomènes de détachement, lorsque l'écoulement relatif en rotation se détache dans deux régions typiques du rotor axial, à savoir dans différents canaux d'aubes, sous la forme d'un détachement tournant non stationnaire, et sur le moyeu du rotor en rotation, ce qui s'appelle "eau morte de moyeu". Le détachement dans différents canaux d'aubes a pour effet que les canaux d'aubes momentanément concernés sont à peu près bouchés par suite de l'écoulement pulsé et fortement tourbillonnant tandis que les autres canaux sont parcourus normalement, la zone de perturbation tournant elle-même aussi avec une certaine vitesse circonférentielle relativement à l'aubage tournant. Par suite de l'apparition de l'"eau morte de moyeu", il se produit un resserrement de l'écoulement normal, la zone d'eau morte s'agrandit à mesure que le débit volumétrique diminue et le point de détachement se déplace vers l'amont. L'inconvénient de ces phénomènes de détachement est que, d'une part, ils constituent un danger pour les aubes sous l'angle de la résistance pure et que, d'autre part, ils sont la cause de bruits importants de sorte qu'ils sont indésirables, ne serait-ce que pour des raisons acoustiques.

Etant donné que le point de fonctionnement varie de façon incontrôlable, il se produit des charges dynamiques supplémentaires qui peuvent conduire à des ruptures par oscillations des aubes tournantes et à des oscillations de toute l'installation. Le niveau de bruit augmente et il se

produit, par suite du fonctionnement instable, des variations de niveau de bruit qui sont désagréables pour l'oreille humaine et qui sont connus des spécialistes, par exemple, sous le nom de "pompage". On a déjà proposé différentes

5 mesures pour stabiliser l'écoulement. Ainsi par exemple, le brevet DE 697 816 propose de disposer, du côté de pression du rotor, une plaque de guidage annulaire placée concentriquement à l'axe du ventilateur. Le brevet CH 288 243 propose, dans une machine à refoulement axial de l'espèce ici considé-

10 rée, de disposer avant le rotor une roue directrice et de disposer entre eux un anneau cylindrique coaxial. La DE-AS 1 064 191 propose de prévoir, entre le rotor et une roue directrice secondaire, un ou des anneaux de moyeu et éventuellement aussi de disposer ceux-ci après la roue

15 directrice secondaire. Une autre proposition connue est de prévoir avant l'entrée des aubes une surface stabilisatrice, ce qui est conseillé par exemple dans le modèle d'utilité DE 1 949 833. Toutefois, les mesures ci-dessus n'ont pas conduit à un résultat satisfaisant : il semble à vrai dire

20 que l'on pourrait ainsi obtenir une certaine stabilisation de l'écoulement, mais il se produit encore les phénomènes indésirables de détachement dont il a été question plus haut. Enfin, le brevet DE 1 428 077 propose aussi un inter-

25 stice annulaire servant à ramener du fluide à l'espace qui précède la roue et ensuite, selon un développement, un dispositif de stabilisation sous la forme d'un canal de dérivation avec grille de reflux. Toutefois, dans ces dispositions aussi, s'il est vrai que les phénomènes de détachement sont stabilisés localement, on ne peut pas les empêcher,

30 tout à fait indépendamment du fait que les mesures proposées dans ces publications antérieures sont également très coûteuses. En outre, il semble que l'"eau morte de moyeu" ne puisse guère être diminuée par les mesures ci-dessus.

L'invention a pour but d'éviter les inconvénients

35 ci-dessus et à cet effet, elle vise à fournir une possibilité et une disposition permettant, par des moyens relativement réduits et clairs, dans des machines axiales destinées à des volumes aussi grands que possible, à des pressions aussi élevées que possible et à des degrés de réaction aussi

élevés que possible, d'éviter les phénomènes de détachement qui se produisent à l'endroit du moyeu du rotor et/ou dans les canaux d'aubes, avec toutes leurs conséquences désagréables.

5 A cet effet, selon l'invention, on propose un procédé caractérisé par le fait que d'une part, dans la région du moyeu du rotor, exposée au détachement, afin de diminuer la déviation de l'écoulement relatif et donc aussi la charge de la grille d'aubes, on diminue l'apport d'énergie dans les
10 sections de profil correspondantes en diminuant la variation de la composante circonférentielle de l'écoulement absolu Δc_u entre l'entrée et la sortie du rotor et que d'autre part, dans ces sections de profil, on fournit un supplément d'énergie avant et/ou après le rotor pour maintenir approxi-
15 mativement constante dans toutes les sections d'aubes la quantité d'énergie résultant de la conception. Un mode d'exécution est par exemple caractérisé par le fait que pour diminuer la variation de la composante circonférentielle de l'écoulement absolu Δc_u entre l'entrée et la sortie du
20 rotor, on agence le profil des aubes, dans les sections de profil exposées, en particulier dans la région du moyeu, en vue d'une moindre augmentation totale de pression qu'il n'était prévu primitivement dans toutes les sections, ce qui conduit à un profil d'aubes modifié à moindre courbure.
25 On peut aussi par exemple, pour maintenir constante la quantité d'énergie résultant de la conception, augmenter la pression totale avant et/ou après le rotor. L'invention propose, pour la mise en oeuvre du nouveau procédé, une turbomachine axiale comportant un rotor entouré d'une
30 enveloppe cylindrique à la suite duquel une roue directrice secondaire est prévue, dans le sens d'écoulement, caractérisée par le fait qu'avant le rotor est prévu un rotor auxiliaire qui lui est coaxial et dont les aubes ont une moindre extension radiale. Par exemple, le rotor auxiliaire peut
35 être entouré d'une cloison annulaire coaxiale sous la forme d'un anneau extérieur dont le diamètre est plus petit que celui de l'enveloppe. Toutefois, une autre disposition possible est par exemple caractérisée par le fait qu'à la suite du rotor est prévu un rotor auxiliaire présentant des aubes

de moindre extension radiale, à la suite duquel est à nouveau prévue, dans le sens d'écoulement, une roue directrice auxiliaire de grandeur à peu près égale et qu'au moins la roue directrice auxiliaire est entourée d'une cloison annulaire coaxiale sous la forme d'un anneau extérieur dont le diamètre est plus petit que celui de l'enveloppe. Dans une turbomachine axiale selon l'invention comportant un rotor entouré d'une enveloppe par exemple cylindrique, une aspiration de couche limite peut aussi s'effectuer depuis la région exposée au détachement, en passant par une dépression, le tuyau d'aspiration partant de préférence d'une zone située dans la région de sortie. Enfin, dans une autre disposition possible, il s'effectue dans la région d'entrée du rotor une accélération de couche limite, par exemple par un tuyau de pression. Le fluide aspiré peut aussi servir à l'accélération de couche limite dans un circuit secondaire fermé.

Ainsi, l'invention se propose d'éliminer les instabilités de caractéristique ou pour mieux dire, de déplacer le point de décollement dans le sens de petits débits volumétriques pour augmenter ainsi la gamme de fonctionnement stable, elle se propose en outre d'abaisser le niveau de bruit dans des états de fonctionnement avec étranglement et enfin, elle a aussi pour but de permettre une diminution dirigée du rapport de moyeu, c'est-à-dire de la partie du rotor qui ne laisse pas passer l'écoulement, ce qui a pour effet d'uniformiser le profil de vitesse à la sortie de la machine, étant donné que cela diminue le coeur d'eau morte qui se forme lorsque l'écoulement passe de la section annulaire résultant du moyeu à la section circulaire d'un tube raccordé, faisant suite à la sortie de la machine. Ainsi, l'invention ne vise pas seulement à éviter l'instabilité de la caractéristique ou à la réduire dans le sens d'un étranglement plus fort, mais encore, simultanément, à maintenir un degré de réaction élevé, à obtenir de grands volumes et à uniformiser aussi le profil de vitesse à la sortie de la machine.

A cet effet, elle propose de fournir de l'énergie dans la région exposée au détachement, soit en augmentant

la pression avant et/ou après le rotor, soit en aspirant la couche limite de la région exposée au détachement, soit en accélérant la couche limite. Avec la solution selon l'invention, on obtient différents avantages : faible encombrement, degré de réaction élevé, grands volumes, hautes pressions (ce qui correspond à une grande densité de puissance), augmentation de la gamme de fonctionnement stable c'est-à-dire déplacement du point de décollement vers de plus petits débits volumétriques, amélioration du comportement de bruit, uniformisation du profil de vitesse à la sortie de la machine, etc..

D'autres caractéristiques et avantages de l'objet de l'invention apparaîtront dans la description ci-après, portant sur plusieurs exemples d'exécution du ventilateur axial selon l'invention, destinés à la mise en oeuvre du procédé nouveau et représentés par les dessins, dans lesquels :

la figure 1 est une élévation latérale schématique d'un premier mode d'exécution de ventilateur axial selon l'invention ;

la figure 2 est une élévation latérale schématique d'une variante de la disposition de la figure 1, et

la figure 3 est une vue analogue aux figures 1 et 2, montrant un deuxième mode d'exécution modifié de l'invention.

Dans le ventilateur axial selon l'invention représenté par la figure 1, l'apport d'énergie s'effectue à l'extérieur du rotor 1, entouré d'une enveloppe cylindrique 2, et à la suite duquel est prévue, dans le sens d'écoulement, la roue directrice secondaire 3. Avant le rotor 1 est prévu un rotor auxiliaire 4 coaxial à celui-ci et dont les aubes, comme on le voit, ont une moindre extension radiale que les aubes du rotor principal 1. Ce rotor auxiliaire 4 peut être entouré d'une cloison annulaire coaxiale 5 sous la forme d'un anneau extérieur dont le diamètre est inférieur à celui de l'enveloppe 2. Une telle cloison 5 est avantageuse dans bien des cas, mais elle n'est pas toujours nécessaire. Le rotor 1 et le rotor auxiliaire 4 sont harmonisés entre eux de telle sorte qu'à la sortie 6 du rotor, on obtient une augmentation totale de pression qui

est constante sur toute la hauteur des aubes. Le rotor axial d'amont ou rotor auxiliaire 4 peut, comme dans la disposition représentée par la figure 1, tourner en sens opposé (flèche 7) au rotor (flèche 8), mais il peut aussi 5 tourner dans le même sens que le rotor, une roue directrice devant alors être prévue à la suite du rotor auxiliaire. Au rotor auxiliaire, disposé dans la région du moyeu, peut être adjoint un moteur d'entraînement séparé mais l'entraînement peut aussi être dérivé de celui du rotor principal. 10 Etant donné le plus petit diamètre extérieur du rotor auxiliaire, celui-ci peut tourner à une plus grande vitesse. L'anneau extérieur 5 adjoint au rotor auxiliaire peut être fixe, mais il peut aussi tourner avec le rotor auxiliaire, cet anneau peut, comme dans l'exemple d'exécution 15 représenté par la figure 1, s'étendre axialement sur une longueur égale ou inférieure à celle du rotor en restant à l'extérieur du rotor, mais l'anneau extérieur adjoint au rotor auxiliaire peut aussi s'étendre axialement sur une longueur supérieure à celle du rotor auxiliaire et arriver 20 jusque dans la région du rotor. Au rotor 1 est adjoint un anneau intermédiaire 9 qui tourne avec lui et qui s'étend sur toute la longueur axiale du rotor ou sur une partie de sa longueur et qui arrive de préférence jusqu'à l'extérieur de la région d'entrée 10 du rotor et dont le diamètre 25 est supérieur à celui de l'anneau extérieur 5 adjoint au rotor auxiliaire, l'anneau intermédiaire 9 commençant dans la région de l'extrémité postérieure de l'anneau extérieur 5. Ainsi, à l'aide de l'anneau auxiliaire 5, on subdivise l'afflux à l'étage axial en un courant principal 11 et un 30 courant secondaire 12 qui est enrichi en énergie. L'anneau intermédiaire 9 empêche les courants principal et secondaire de se mélanger dans la région d'entrée du rotor ou sur toute l'extension axiale de celui-ci.

Ainsi, dans la disposition selon la figure 1, on 35 part de cette idée que l'écoulement relatif à travers le rotor doit être dévié le plus fort dans la région du moyeu de sorte que la charge de la grille d'aubes est particulièrement forte dans la région du moyeu et qu'ainsi l'écoulement relatif est aussi particulièrement exposé au détache-

ment. Les mesures décrites plus haut servent donc à diminuer l'apport d'énergie dans les sections de profil qui sont situées au sein de la région du moyeu, exposée au détachement, afin d'éviter le plus possible les dangers ci-dessus. Toutefois, étant donné que l'énergie fournie (correspondant à l'élévation totale de pression Δp_t) doit être maintenue constante dans toutes les sections d'aube, la diminution de l'apport d'énergie dans la région du moyeu du rotor est compensée, dans le mode d'exécution de la figure 1, par un apport supplémentaire d'énergie avant l'entrée des aubes du rotor, de façon que l'énergie fournie dans toute section de profil soit constante, par exemple selon la formule :

$$\Delta p_t, \text{ conception} = \Delta p_t, L + \Delta p_t, v + \Delta p_t, N = \text{constante réduite}$$

dans laquelle $\Delta p_t, L$ signifie l'élévation de pression engendrée dans le rotor, $\Delta p_t, v$ l'élévation de pression engendrée avant l'entrée des aubes du rotor et $\Delta p_t, N$ l'élévation de pression engendrée après la sortie des aubes du rotor, tandis que Δp_t signifie l'élévation totale de pression, c'est-à-dire l'apport d'énergie.

Dans la variante de la figure 2, sur le moyeu 13 est monté le rotor 14 entouré par une enveloppe cylindrique 15 et à la suite duquel est placée, dans le sens d'écoulement suivant la flèche 17, une roue directrice secondaire 16. Dans le cas présent, à la suite du rotor 14 est placé un rotor auxiliaire 18 coaxial à celui-ci et dont les aubes ont une moindre extension radiale que celles du rotor principal. A la suite de ce rotor auxiliaire 18 est placée à nouveau, dans le sens d'écoulement, une roue directrice auxiliaire 19 à peu près de même grandeur. En outre, une cloison annulaire coaxiale aux différentes roues est encore prévue, sous la forme d'un anneau extérieur 20 dont le diamètre est inférieur à celui de l'enveloppe et qui entoure extérieurement le rotor auxiliaire 18 mais de préférence aussi la roue directrice auxiliaire 19. Le rotor et le rotor auxiliaire sont harmonisés entre eux de telle sorte que l'écoulement à la sortie de la machine subit, sur toute la section annulaire, un apport d'énergie

constant. Le rotor auxiliaire 18 peut tourner dans le même sens (flèche 21) que le rotor ou rotor principal 14 (flèche 22) mais il peut, comme dans le mode d'exécution de la figure 1, tourner en sens opposé au rotor principal. Au rotor
5 auxiliaire peut être adjoint, comme dans la variante décrite plus haut, un moteur d'entraînement séparé mais l'entraînement du rotor auxiliaire peut aussi être dérivé de celui du rotor principal. L'anneau extérieur 20 adjoint au rotor
10 auxiliaire peut être fixe mais il peut aussi tourner avec le rotor auxiliaire. Il est prévu que l'anneau extérieur 20 adjoint au rotor auxiliaire s'étende axialement sur une longueur qui correspond approximativement à la longueur du rotor auxiliaire et/ou de la roue directrice, en restant
15 hors de la région de la roue directrice placée à la suite du rotor, il faut donc que cet anneau auxiliaire soit placé au moins en face du rotor auxiliaire mais de préférence qu'il entoure aussi la roue directrice auxiliaire mais n'arrive pas jusque dans la roue directrice qui fait suite au rotor principal. Toutefois, l'anneau extérieur adjoint au rotor
20 auxiliaire peut aussi arriver jusque dans la région de la roue directrice qui fait suite au rotor principal et la subdiviser en une roue directrice extérieure et une roue directrice intérieure ou, au lieu de cela, on peut aussi adopter un anneau extérieur 23 séparé, adjoint à la roue
25 directrice principale et séparé de l'anneau extérieur 20. En tous cas, l'écoulement partant du rotor est subdivisé en un courant principal passant à travers la roue directrice extérieure suivant la flèche 24 et un courant secondaire
30 25 qui traverse le rotor auxiliaire et dans lequel s'effectue, à l'intérieur du rotor auxiliaire, l'apport supplémentaire d'énergie. Une autre mesure qui sert à cet effet est qu'au rotor ou rotor principal 14 est adjoint un anneau intermédiaire 26 tournant avec lui et qui s'étend sur
35 toute la longueur axiale du rotor ou sur une partie de sa longueur et dépasse de préférence hors de la région de sortie du rotor et dont le diamètre est par exemple plus petit que celui de l'anneau extérieur adjoint au rotor auxiliaire.

Dans la variante de la figure 3, il s'agit d'un ventilateur axial comportant un rotor 30 qui est entouré

d'une enveloppe cylindrique 31 et suivi d'une roue directrice 32. Dans le cas présent, du fluide est aspiré, par un tuyau 36, de la région du moyeu 33 exposée au détachement, par exemple en 34 dans la région de la sortie 35, ce qui
5 s'effectue à l'aide d'un enfoncement non représenté auquel est relié le tuyau d'aspiration 36. L'aspiration s'effectue suivant la flèche 37.

Dans un autre exemple d'exécution non représenté, on peut aussi résoudre le problème abordé par l'invention,
10 dans le cas d'un ventilateur axial comportant également un rotor entouré d'une enveloppe cylindrique et naturellement des roues directrices de nature en elle-même connue, en amenant du fluide à la région d'entrée du rotor par un tuyau de pression.

15 Dans tous les exemples d'exécution de ventilateurs à courant axial selon l'invention, le procédé réside donc dans le fait que d'une part, dans la région du moyeu du rotor, exposée au détachement, afin de diminuer la déviation de l'écoulement relatif et donc aussi la charge de la grille
20 d'aubes, on diminue l'apport d'énergie dans les sections de profil situées au sein de la région du moyeu, exposée au détachement, et on rend donc plus petite aussi la vitesse absolue Δc_u et que d'autre part, pour compenser la diminution de l'apport d'énergie et pour maintenir approximativement
25 constante la quantité d'énergie résultant de la conception, dans toutes les sections d'aubes, on fournit à nouveau de l'énergie avant et/ou après le rotor et on augmente donc ΔP_{st} , par exemple en augmentant la pression en ces endroits ou en aspirant de l'énergie à la sortie des
30 aubes, ou, enfin, en ramenant du fluide de la sortie des aubes à l'entrée.

- R E V E N D I C A T I O N S -

1. Procédé de fonctionnement d'une turbomachine axiale comportant un rotor muni d'un moyeu et auquel est adjoite une enveloppe par exemple cylindrique, caractérisé
5 par le fait que d'une part, dans la région du moyeu du rotor, exposée au détachement, afin de diminuer la déviation de l'écoulement relatif et donc aussi la charge de la grille d'aubes, on diminue l'apport d'énergie dans les sections de profil correspondantes en diminuant la variation
10 de la composante circonférentielle de l'écoulement absolu Δc_u entre l'entrée et la sortie du rotor et que d'autre part, dans ces sections de profil, on fournit un supplément d'énergie avant et/ou après le rotor pour maintenir approximativement constante dans toutes les sections d'aubes la
15 quantité d'énergie résultant de la conception.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que pour diminuer la variation de la composante circonférentielle de l'écoulement absolu Δc_u entre l'entrée et la sortie du rotor, on agence le profil des aubes, dans
20 les sections de profil exposées, en particulier dans la région du moyeu, en vue d'une moindre augmentation totale de pression qu'il n'était prévu primitivement dans toutes les sections, ce qui conduit à un profil d'aubes modifié à moindre courbure.

25 3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que pour maintenir constante la quantité d'énergie résultant de la conception, on augmente la pression totale avant et/ou après le rotor.

4. Turbomachine axiale pour la mise en oeuvre du
30 procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comportant un rotor (1) entouré d'une enveloppe cylindrique (2) à la suite duquel une roue directrice secondaire (3) est prévue, dans le sens d'écoulement, caractérisée par le fait qu'avant le rotor (1) est prévu un rotor auxiliaire
35 (4) qui lui est coaxial et dont les aubes ont une moindre extension radiale.

5. Turbomachine selon la revendication 4, caractérisée par le fait que le rotor auxiliaire (4) est entouré d'une cloison annulaire coaxiale (5) sous la forme d'un

anneau extérieur dont le diamètre est plus petit que celui de l'enveloppe (2).

6. Turbomachine selon l'une des revendications 4 et 5, caractérisée par le fait que le rotor (1) et le rotor auxiliaire (4) sont synchronisés entre eux de telle sorte qu'à la sortie (6) du rotor, on obtient une élévation totale de pression constante sur toute la longueur des aubes.

7. Turbomachine selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisée en ce que le rotor auxiliaire (4) tourne dans le même sens que le rotor (1).

8. Turbomachine selon la revendication 7, caractérisée par le fait qu'entre le rotor auxiliaire (4) et le rotor principal (1) est interposée une roue directrice auxiliaire.

9. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisée par le fait que le rotor auxiliaire (4) tourne en sens opposé au rotor.

10. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 4 à 9, caractérisée par le fait qu'au rotor auxiliaire est adjoint un moteur d'entraînement séparé.

11. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 4 à 10, caractérisée par le fait que l'entraînement du rotor auxiliaire est dérivé de l'entraînement du rotor.

12. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 4 à 11, caractérisée par le fait que la vitesse de rotation du rotor auxiliaire (4) est supérieure à celle du rotor (1).

13. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 4 à 12, caractérisée par le fait que l'anneau extérieur (5) adjoint au rotor auxiliaire (4) est fixe.

14. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 4 à 12, caractérisée par le fait que l'anneau extérieur (5) adjoint au rotor auxiliaire (4) tourne avec celui-ci.

15. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 4 à 14, caractérisée par le fait que l'anneau extérieur (5) adjoint au rotor auxiliaire (4) s'étend en direction axiale sur une longueur égale ou inférieure à la longueur du rotor auxiliaire (4) en restant hors de la région du rotor (1).

16. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 4 à 12, caractérisée par le fait que l'anneau extérieur (5) adjoint au rotor auxiliaire (4) s'étend axialement sur une longueur supérieure à celle du rotor auxiliaire (4) et arrive jusque dans la région du rotor (1).

17. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 4 à 16, caractérisée par le fait qu'au rotor (1) est adjoint un anneau intermédiaire (9) tournant avec lui, s'étendant sur toute la longueur axiale du rotor ou sur une partie de cette longueur et arrivant de préférence jusqu'à l'extérieur de la région d'entrée (10) du rotor et dont le diamètre est supérieur à celui de l'anneau extérieur (5) adjoint au rotor auxiliaire (4) et qu'il commence dans la région de l'extrémité postérieure de celui-ci.

18. Turbomachine axiale pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 3, comportant un rotor entouré d'une enveloppe cylindrique et suivi, dans le sens d'écoulement, d'une roue directrice secondaire, caractérisée par le fait qu'à la suite du rotor (14) est prévu un rotor auxiliaire (18) présentant des aubes de moindre extension radiale, à la suite duquel est à nouveau prévue, dans le sens d'écoulement, une roue directrice auxiliaire (19) de grandeur à peu près égale et qu'au moins la roue directrice auxiliaire (19) est entourée d'une cloison annulaire coaxiale sous la forme d'un anneau extérieur (20) dont le diamètre est plus petit que celui de l'enveloppe.

19. Turbomachine selon la revendication 18, caractérisée par le fait que le rotor (14) et le rotor auxiliaire (18) sont synchronisés entre eux de telle sorte que l'écoulement à la sortie de la machine subit, sur toute la section annulaire, un apport d'énergie constant.

20. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 18 et 19, caractérisée en ce que le rotor auxiliaire (18) tourne dans le même sens que le rotor (14).

21. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 18 et 19, caractérisée par le fait que le rotor auxiliaire (18) tourne en sens opposé au rotor (14).

22. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 18 à 20, caractérisée par le fait qu'au rotor auxi-

liaire (18) est adjoint un moteur d'entraînement séparé.

23. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 18 à 20, caractérisée par le fait que l'entraînement du rotor auxiliaire (18) est dérivé de l'entraînement du rotor (14).

24. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 18 à 23, caractérisée par le fait que l'anneau extérieur (20) adjoint au rotor auxiliaire (18) est fixe.

25. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 18 à 23, caractérisée par le fait que l'anneau extérieur (20) adjoint au rotor auxiliaire (18) tourne avec celui-ci.

26. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 18 à 25, caractérisée par le fait que l'anneau extérieur (20) adjoint au rotor auxiliaire (18) s'étend en direction axiale sur une longueur qui correspond approximativement à la longueur du rotor auxiliaire (18) et/ou de la roue directrice (19) et qu'il reste hors de la région de la roue directrice (19) placée à la suite du rotor.

27. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 18 à 24, caractérisée par le fait que l'anneau extérieur (20) adjoint au rotor auxiliaire (18) arrive jusque dans la région de la roue directrice (19) placée à la suite du rotor et subdivise cette roue en une roue directrice extérieure et une roue directrice intérieure.

28. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 18 à 27, caractérisée par le fait qu'au rotor (14) est adjoint un anneau intermédiaire (26) tournant avec lui, s'étendant sur toute la longueur axiale du rotor ou sur une partie de cette longueur et dépassant de préférence hors de la région de sortie du rotor et dont le diamètre est par exemple inférieur à celui de l'anneau extérieur (20) adjoint au rotor auxiliaire (18).

29. Turbomachine axiale pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comportant un rotor (30) entouré d'une enveloppe cylindrique (31) et caractérisée par le fait qu'une aspiration de couche limite s'effectue depuis la région exposée au détachement en passant par un enfoncement.

30. Turbomachine selon la revendication 29, caractérisée par le fait que le tuyau d'aspiration (36) part d'une zone située dans la région de sortie du rotor.

5 31. Turbomachine axiale pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 3, comportant un rotor entouré d'une enveloppe cylindrique et caractérisée par le fait que dans la région d'entrée du rotor, il s'effectue une accélération de couche limite, par exemple par un tuyau de pression.

10 32. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 29 à 31, caractérisée par le fait que le fluide aspiré est utilisé pour l'accélération de couche limite dans un circuit secondaire fermé.

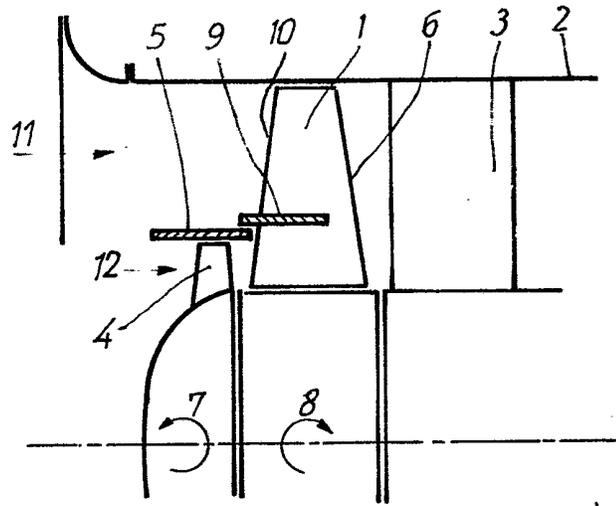


Fig. 1

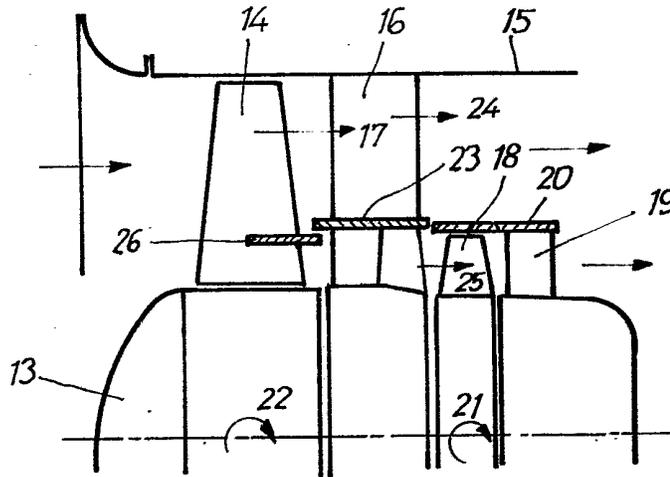


Fig. 2

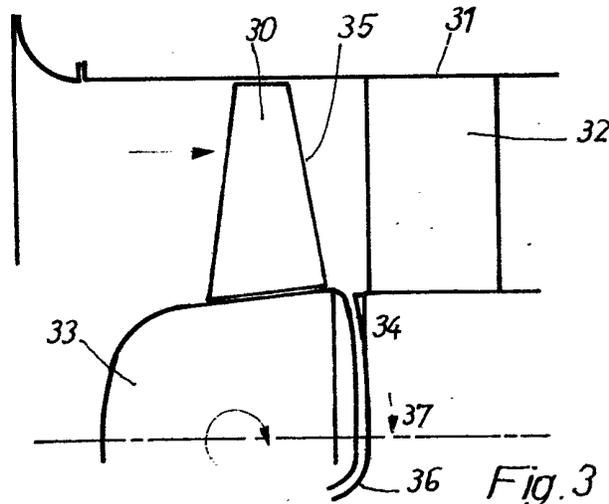


Fig. 3