

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 21.12.99.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 22.06.01 Bulletin 01/25.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : JEUMONT INDUSTRIE Société ano-  
nyme — FR.

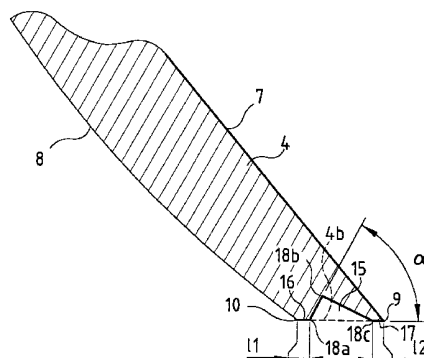
⑦② Inventeur(s) : GYOMLAI PHILIPPE.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CABINET LAVOIX.

⑤④ AUBE D'UNE MACHINE CENTRIFUGE ET PROCEDE DE REGLAGE DES PERFORMANCES DE L'AUBE.

⑤⑦ L'aube (4) comporte une face avant (8), ou face extra-  
dos, et une face arrière (7), ou face intrados, qui sont limi-  
tées à l'une de leurs extrémités situées vers l'aval dans le  
sens de l'écoulement du fluide le long des faces (7, 8) de  
l'aube, par un bord de fuite (4b). L'aube comporte, dans une  
partie de sa surface externe comprenant le bord de fuite  
(4b) et des zones de la face avant (8) et de la face arrière  
(7) adjacentes au bord de fuite (4b), au moins trois arêtes  
(9, 10, 18a, 18b, 18c) s'étendant dans une direction longitu-  
dinale du bord de fuite (4b) sensiblement sur toute la lon-  
gueur du bord de fuite (4b).



L'invention concerne une aube d'une machine centrifuge de pompage ou de compression d'un fluide et en particulier une aube d'une pompe de type hélico-centrifuge.

5 Dans les centrales nucléaires comportant un réacteur refroidi par de l'eau sous pression, on utilise, pour mettre en circulation l'eau sous pression constituant le fluide de refroidissement primaire du cœur du réacteur nucléaire, dans un circuit appelé circuit primaire, une pompe de type hélico-centrifuge à un seul étage de pompage. Une telle pompe hélico-centrifuge comporte une roue de pompe sur laquelle sont fixées des aubes courbes, dans une disposition en hélice. La roue de pompe est entraînée en rotation par un moteur électrique, par l'intermédiaire d'un arbre d'entraînement, les aubes étant solidaires de la roue de pompe suivant un premier bord et comportant chacune une face avant et une face arrière dirigées, respectivement, vers l'avant et vers l'arrière, en considérant le sens de déplacement de la roue de pompe en rotation, pendant le fonctionnement de la pompe.

15 La face avant et la face arrière des aubes de la pompe sont constituées par des surfaces courbes qui peuvent être désignées respectivement par les termes extrados et intrados, la face avant constituant une face externe et la face arrière une face interne de l'aube.

20 Le fluide dont on réalise le pompage ou la compression dans une machine centrifuge circule au contact des faces avant et arrière des aubes, de l'intérieur vers l'extérieur, c'est-à-dire entre le premier bord de l'aube relié à la roue et le second bord ou tranche de l'aube reliant la face avant et la face arrière suivant l'épaisseur de l'aube, dans sa partie externe. Ce second bord de l'aube suivant lequel les écoulements de fluide se décollent des faces avant et arrière de l'aube est appelé bord de fuite. Les bords de fuite des aubes de la roue de pompe sont disposés suivant une surface cylindrique ou conique ayant pour axe l'axe de la roue de pompe.

25 30 Un des problèmes relatifs à la conception et à la maintenance des machines centrifuges de pompage ou de compression de fluide concerne le réglage et l'ajustage des performances hydrauliques de la machine.

Il est connu de réaliser l'ajustage de ces performances en réalisant un affûtage ou un rognage de l'extrémité de sortie des aubes de la roue, suivant leur bord de fuite.

5 Certaines pompes centrifuges présentent une charge par aube de roue qui peut être élevée. Par exemple, dans le cas des pompes primaires mono-étagées des centrales nucléaires à eau sous pression dont la roue à un seul étage comporte un nombre relativement faible d'aubes, la charge par aubage de la roue est à un niveau élevé. Dans le cas des pompes pri-  
10 maires en particulier, le profil d'extrémité des aubes réalisé par affûtage ou par rognage ne permet pas toujours d'obtenir des performances qui soient constantes pendant l'utilisation de la pompe. En effet, les performances qui dépendent du décollement des couches limites de fluide en contact avec les faces de l'aube sont tributaires des variations des caractéristiques physico-  
15 chimiques du fluide véhiculé et de l'état de surface des faces des aubes qui conditionnent les zones de décollement des couches de fluide en circulation à leur contact.

Ces variations des performances hydrauliques peuvent présenter des inconvénients dans certaines utilisations où le débit requis doit être maintenu dans un intervalle relativement étroit, pour maintenir un rendement et une  
20 sûreté optimale de l'installation. Ces difficultés se rencontrent en particulier dans le cas des pompes primaires assurant la circulation de l'eau de refroidissement dans le circuit primaire d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

On ne connaissait pas jusqu'ici d'aube pour une machine hydraulique centrifuge et de procédé d'ajustage d'une telle aube permettant à la fois  
25 d'ajuster les performances de la machine hydraulique et de maîtriser les décollements des couches limites du fluide en circulation au contact des faces de l'aube de la machine, pour assurer des performances stables de la machine centrifuge au cours du temps.

30 Le but de l'invention est donc de proposer une aube d'une machine centrifuge de pompage ou de compression d'un fluide solidaire d'une roue montée mobile en rotation, comportant une face avant et une face arrière dirigées respectivement vers l'avant et vers l'arrière par rapport au sens de

déplacement de la roue en rotation et limitées, à l'une de leurs extrémités située vers l'aval dans le sens de l'écoulement du fluide, le long des faces de l'aube, par un bord de l'aube appelé bord de fuite constituant une zone de séparation de l'écoulement de fluide et des faces de l'aube, cette aube présentant des performances parfaitement ajustées qui peuvent être réglées de manière simple pour assurer un fonctionnement stable et constant de la pompe au cours du temps.

Dans ce but, l'aube suivant l'invention comporte, dans une partie de sa surface externe comprenant le bord de fuite et deux zones respectivement de la face avant et de la face arrière adjacentes au bord de fuite, au moins trois arêtes dans une direction longitudinale du bord de fuite s'étendant sensiblement sur toute la longueur du bord de fuite.

L'invention est également relative à un procédé d'ajustage des caractéristiques fluidiques d'une aube d'une machine centrifuge.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va décrire à titre d'exemple, en se référant aux figures jointes en annexe, une aube d'une pompe primaire hélico-centrifuge d'une centrale nucléaire refroidie par de l'eau sous pression réalisée selon l'invention et un procédé d'ajustage des performances de l'aube.

Les figures 1A et 1B sont des vues en coupe d'une partie d'extrémité voisine du bord de fuite d'une aube d'une pompe hélico-centrifuge, illustrant deux procédés suivant l'art antérieur pour modifier les performances de l'aube.

La figure 2 est une vue analogue aux vues des figures 1A et 1B illustrant un troisième procédé pour modifier les performances d'une aube selon l'art antérieur.

La figure 3 est une vue partielle en élévation d'une roue de pompe hélico-centrifuge et d'une aube de la pompe réalisée suivant l'invention.

La figure 4 est une vue en coupe suivant 4-4 de la partie d'extrémité de l'aube voisine du bord de fuite.

La figure 5 est une vue en coupe analogue à la vue de la figure 4 d'une aube d'une pompe suivant l'invention et suivant une variante de réalisation.

La figure 6 est une vue partielle en élévation d'une roue et d'une aube d'une pompe suivant l'invention et suivant un second mode de réalisation.

La figure 7 est une vue en coupe suivant 7-7 d'une partie d'extrémité de l'aube au voisinage du bord de fuite.

5 Les figures 8 et 9 sont des vues en coupe analogues à la vue de la figure 4, de deux variantes de réalisation de la partie d'extrémité de l'aube.

Une roue de pompe d'une pompe hélico-centrifuge telle qu'une pompe primaire d'une centrale nucléaire refroidie par de l'eau sous pression a été représentée de manière schématique sur les figures 3 et 6 qui sont  
10 relatives à une roue de pompe comportant des aubes suivant l'invention.

La roue de pompe, désignée de manière générale par le repère 1, comporte un corps 2 de forme sensiblement tronconique solidaire, à l'une de ses extrémités, d'un moyeu 3 par l'intermédiaire d'un premier flasque 2'.

Des aubes 4 sont fixées sur le corps 2 de la roue de pompe, par un  
15 bord 4a, suivant une ligne hélicoïdale ayant pour axe l'axe 6 de la roue de pompe.

On a représenté une seule aube 4 sur la figure 3 mais la roue de pompe comporte plusieurs aubes identiques à l'aube 4 (par exemple six aubes) réparties suivant la périphérie du corps 2 de la roue de pompe autour  
20 de l'axe 6.

Les aubes 4 de la roue de pompe 1 sont toutes reliées suivant un bord opposé au bord de fixation sur le corps 2, à un flasque 5 appelé flasque ceinture.

Les flasques 2' et 5 ont pour axe commun l'axe 6 de la roue de  
25 pompe.

Chacune des aubes 4 de la pompe comporte une face avant 8, ou extrados, et une face arrière 7, ou intrados, l'avant et l'arrière de l'aube étant définis en prenant en compte le sens de rotation de la roue de pompe autour  
de l'axe 6.

30 Le fluide dont on assure le pompage, par exemple l'eau sous pression du circuit primaire d'un réacteur nucléaire, circule entre les aubes 4 successives de la roue de pompe et au contact des faces des aubes 4, de manière centrifuge, c'est-à-dire en s'éloignant de l'axe 6 de la roue de pompe. Sur

chacune des aubes 4, le bord 4b, le plus éloigné de l'axe 6, constitue le bord de fuite, au voisinage duquel les couches limites des écoulements au contact des faces avant et arrière de la pale 4 se décolent et quittent le contact avec l'aube 4.

5 Il est connu d'ajuster les performances hydrauliques d'une pompe en effectuant un rognage ou un affûtage de l'aube, au voisinage de son bord de fuite 4b.

10 Sur les figures 1A et 1B, on a représenté dans une vue en coupe par un plan tel que le plan de coupe 4-4 représenté sur la figure 3 perpendiculaire au bord de fuite, une partie d'extrémité voisine du bord de fuite d'une aube de pompe 4' selon l'art antérieur. La tranche de l'aube 4' disposée vers l'extérieur constitue le bord de fuite 4'b séparant les parties d'extrémité aval de la face arrière ou face intrados 7' et de la face avant, ou face extrados 8', de l'aube 4'.

15 La face intrados 7' est séparée du bord de fuite 4'b par une arête d'intrados 9', la face extrados 8' étant séparée du bord de fuite 4'b par une arête extrados 10'.

Les bords de fuite des aubes 4b sont généralement situés sur un cylindre de diamètre D ayant pour axe l'axe 6 de la roue de pompe.

20 Les performances hydrauliques de l'aube 4' dépendent en particulier du diamètre D ou diamètre de sortie de l'aube 4'. Dans le cas où les bords de fuite des aubes sont sur une surface conique, le diamètre D est variable suivant le bord de fuite.

25 Si l'on veut diminuer les performances de la pompe, par exemple le débit de la pompe, il est possible de réaliser le rognage de la partie d'extrémité de l'aube 4' délimitée par le bord de fuite 4'b, par exemple suivant la ligne en pointillés 11 représentée sur la figure 1. On diminue ainsi le diamètre de sortie de l'aube 4' qui passe de la valeur D à la valeur D', la longueur D - D' étant égale à la distance entre le bord de fuite d'origine 4'b et la ligne de rognage 11, dans une direction perpendiculaire au bord de fuite et au plan de rognage.

30

Les performances de l'aube 4' dépendent également de la finesse de l'aube au voisinage du bord de fuite, les performances étant d'autant meilleures que l'aube 4' est plus fine dans sa partie voisine du bord de fuite.

5 Pour augmenter les performances de l'aube 4', on peut donc réaliser un affûtage de la partie d'extrémité de l'aube 4' voisine du bord de fuite 4'b, soit par usinage de la face intrados 7', comme représenté par la ligne d'affûtage 12, soit par usinage à la fois de la face intrados 7' et de la face extradados 8', comme représenté par les lignes d'affûtage 13 et 13' sur la figure 1B.

10 L'affûtage peut être réalisé de telle manière que les arêtes d'intrados et d'extrados se trouvent pratiquement confondues suivant une arête commune aux deux faces, à l'issue de l'affûtage.

Comme il est visible sur la figure 2, l'augmentation des performances de l'aube 4' peut être également obtenue en effectuant une coupe de la partie d'extrémité 14 de l'aube 4', suivant une ligne de coupe 14' faisant un angle voisin de 90° avec la tangente à l'extrados 8' au niveau de l'arête d'extrados 10'. Dans ce cas, on augmente les performances de l'aube 4' en augmentant la section de sortie de l'aubage.

15

Dans le cas du rognage de l'aube 4' ou de l'affûtage de la face intrados, comme représenté sur les figures 1A et 1B, on modifie les performances de l'aube 4' de la pompe soit dans le sens de la diminution, soit dans le sens de l'augmentation.

20

Dans le cas de l'augmentation de la finesse de la partie d'extrémité de l'aube par affûtage sur la face intrados et sur la face extradados, comme représenté sur la figure 1B, on augmente en particulier le rendement de la pompe.

25

Le recoupage de l'aube, comme représenté sur la figure 2, permet d'augmenter les performances de l'aube, d'une manière définie sans possibilité de réglage.

Ces modes de réalisation de l'ajustage des performances d'une aube de pompe selon l'art antérieur, ne permettent pas de maîtriser le décollement des couches limites des écoulements de fluide au contact de la surface de l'aube, dans la zone d'extrémité comportant le bord de fuite et les zones adjacentes de la face intrados et de la face extradados.

30

Le principe de l'invention consiste à imposer une ligne de décollement supplémentaire du fluide, à l'extrémité de sortie de l'aube de roue, soit sur la tranche de l'aube constituant le bord de fuite, à proximité de l'arête extrados pour l'écoulement provenant de l'extrados, soit sur la face intrados de l'aube à proximité de l'arête intrados, soit encore à la fois sur la tranche de l'aube et sur la face intrados.

De manière plus précise, on crée par usinage, dans la zone d'extrémité de l'aube, dans la direction du bord de fuite et sensiblement sur toute la longueur du bord de fuite, une discontinuité franche du profil de l'aube, de telle sorte que le gradient de vitesse et donc de pression locale déclenche le décollement de la couche limite en un endroit précis défini par la position de la discontinuité. Par exemple, on peut usiner une facette ayant une section rectiligne dans la partie d'extrémité de l'aube, cette facette, lorsqu'elle est usinée sur la tranche de l'aube constituant le bord de fuite, faisant en section transversale de l'aube un angle supérieur à  $45^\circ$  avec le profil extrados de l'aube, c'est-à-dire avec le plan tangent à l'extrados passant par l'arête d'extrados.

Par la mise en œuvre de l'invention, on crée, en plus des deux arêtes d'intrados et d'extrados délimitant les faces d'intrados et d'extrados au niveau du bord de fuite, au moins une arête s'étendant dans la direction longitudinale du bord de fuite, sensiblement sur toute la longueur du bord de fuite. Ainsi, le décollement des couches limites du fluide se produit au niveau d'une arête définie par la discontinuité créée par usinage. L'aube selon l'invention comporte ainsi au moins trois arêtes dans la direction du bord de fuite. De manière préférentielle, on adoptera l'une des dispositions suivantes :

- A - l'une au moins des arêtes est pratiquée sur la tranche de l'aube,
- B - l'une au moins des arêtes est pratiquée sur la face intrados en retrait par rapport à l'arête intrados définissant le diamètre de sortie de l'aube,
- C - les arêtes sont disposées suivant une disposition combinant les dispositions A et B.

Sur les figures 3 et 4, on a représenté un premier mode de réalisation d'une aube 4 suivant l'invention sur laquelle on a réalisé des arêtes supplémentaires par le mode A mentionné ci-dessus.

5 Les arêtes supplémentaires sont obtenues en réalisant une discontinuité dans le bord de fuite, par usinage d'une rainure 15 ayant une section triangulaire, comme il est visible sur la figure 4. La figure 3 montre que la rainure 15, constituant la discontinuité du bord de fuite 4b, s'étend sur toute la longueur du bord de fuite 4b.

10 La section de la rainure 15, dans un plan perpendiculaire au bord de fuite, de forme triangulaire, présente un côté disposé suivant le bord de fuite et deux côtés rentrant à l'intérieur de la partie d'extrémité de l'aube entre la surface d'intrados 7 et la surface d'extrados 8.

15 Le côté de la section triangulaire de la rainure 15 situé du côté de l'extrados constitue une section d'une facette sensiblement plane faisant, avec la section du bord de fuite 4b, un angle  $\alpha$  supérieur à  $30^\circ$ .

De préférence, l'angle  $\alpha$  sera compris entre  $30$  et  $90^\circ$ .

20 La rainure 15 n'occupe qu'une partie de la largeur du bord de fuite 4b, de sorte qu'un rebord 16 de largeur  $l_1$  s'étendant sur toute la longueur du bord de fuite est ménagé du côté de l'extrados et qu'un rebord 17, suivant toute la longueur du bord de fuite 4b, est ménagé du côté de l'intrados 7.

25 De ce fait également, la discontinuité 15 du bord de fuite 4b définit trois arêtes supplémentaires 18a, 18b, et 18c, en plus de l'arête d'intrados 9 et de l'arête d'extrados 10. La facette située du côté de l'extrados passant par les arêtes 18a et 18b fait un angle  $\alpha$  au moins égal à  $30^\circ$  avec le bord de fuite, comme indiqué plus haut.

30 Le rebord 16 disposé du côté de l'extrados 8 présente une largeur  $l_1$  qui est comprise entre 5 et 50 % de la largeur de la tranche de l'aube 4 constituant le bord de fuite 4b. La largeur minimale de ce bord 16 est de 0,5 mm, de manière à conserver la référence du diamètre de sortie D de l'aube.

Le rebord 17 situé du côté de l'intrados 7 présente une largeur  $l_2$  la plus petite possible, cette largeur devant toutefois être plus grande que

0,5 mm, de manière à conserver la référence du diamètre de sortie D de l'aube 4.

5 Sur la figure 5, on a représenté une variante de réalisation de l'aube 4 ; on réalise une discontinuité 19 sur la face intrados 7 de l'aube 4, de manière à obtenir des arêtes supplémentaires de décollement de la couche limite de fluide en circulation au contact de la face intrados, ces arêtes étant du type B mentionné ci-dessus.

10 La discontinuité 19 est réalisée sous la forme d'une rainure à section triangulaire s'étendant dans la direction du bord de fuite 4b, sensiblement sur toute la longueur du bord de fuite.

La rainure à section triangulaire 19 définit trois arêtes supplémentaires situées sur la face intrados 7.

La rainure 19 est définie en particulier par la distance p entre l'arête d'intrados 7 et l'arête 19a située le plus loin de l'arête d'intrados 9.

15 Les arêtes 19b et 19c sont situées respectivement à l'intérieur de la partie d'extrémité de l'aube 4 et sur la surface d'intrados et dans une disposition plus proche de l'arête d'intrados 9 que l'arête 19a.

20 La surface de la rainure 19 passant par les arêtes 19a et 19b constitue une facette sensiblement plane recoupant la face d'intrados 7 suivant l'arête 19a à une distance p de l'arête d'intrados 9 qui doit être supérieure à la distance séparant l'arête d'intrados du point de décollement naturel de la couche limite de fluide circulant au contact de l'intrados, cette distance pouvant être déterminée par des essais ou par le calcul en fonction des conditions de fonctionnement de la pompe.

25 En pratique, la distance p sera comprise entre quelques millimètres et quelques dizaines de millimètre en fonction de la roue de pompe et des performances d'origine de l'aube de la pompe, c'est-à-dire de l'aube 4 ne comportant pas la rainure 19.

30 La section de la facette plane passant par les arêtes 19a et 19b par le plan de coupe fait un angle  $\gamma$  avec la section de la face intrados de l'aube.

Sur les figures 6 et 7, on a représenté un second mode de réalisation d'une aube 4 suivant l'invention d'une roue de pompe 1 analogue à la roue

de pompe représentée sur la figure 3. La figure 7 est une coupe de l'aube 4 par un plan perpendiculaire au bord de fuite 4b.

Par rapport à une aube 4' selon l'art antérieur telle que représentée sur la figure 2, l'aube 4 suivant l'invention est coupée suivant un plan de coupe de trace 20 sur la figure 7, la trace 20 du plan de coupe faisant un angle  $\alpha$  inférieur ou égal à  $90^\circ$  avec le plan tangent à l'extrados 8, au niveau de l'arête d'extrados 10. Une valeur préférentielle pour l'angle  $\alpha$  est  $\alpha$  égale  $80^\circ$ .

La coupe de la partie d'extrémité de l'ailette 4 du côté de l'intrados 7 forme une arête 21 sur la face d'intrados 7 et une arête supplémentaire 22 sur le bord de fuite 4b à une distance  $l$  de l'arête d'extrados 10. On forme de cette manière un rebord 23 de largeur  $l$  suivant le bord de fuite 4b, du côté de l'extrados 8. La largeur  $l$  du bord 23 doit être comprise entre 5 et 50 % de la largeur d'origine de la tranche 4b constituant le bord de fuite délimité entre la face intrados 7 et la face extrados 8 sur un cylindre ayant pour axe l'axe de la roue de pompe et un diamètre  $D$ .

Le rebord 23 doit présenter une largeur minimum de 0,5 mm, de manière à ce qu'on conserve la référence du diamètre de sortie de l'aube.

Les arêtes supplémentaires 21 et 22 créées par la découpe suivant le plan de coupe 20 provoquent le décollement contrôlé de la couche limite de fluide se déplaçant au contact des surfaces d'intrados et d'extrados. De plus, le diamètre de sortie de l'aube est augmenté.

Le mode de réalisation des figures 6 et 7 dans lequel on réalise des arêtes complémentaires sur la face d'intrados et sur le bord de fuite correspond à un mode de réalisation de type C décrit ci-dessus, c'est-à-dire combinant les modes de réalisation des types A et B.

Sur la figure 8 et sur la figure 9, on a représenté deux variantes de réalisation de l'aube suivant l'invention réalisées également suivant le type C, c'est-à-dire combinant les types A et B.

Sur la figure 8, on a représenté en coupe par un plan perpendiculaire au bord de fuite la partie d'extrémité d'une aube 4 d'une pompe comportant une discontinuité constituée de deux facettes sensiblement planes 24 et 25 perpendiculaires entre elles.

La facette 24 est réalisée par découpage de la partie d'extrémité de l'aube suivant une surface pratiquement plane, perpendiculaire à la face d'intrados 7. La facette 25 est réalisée par découpage suivant une surface pratiquement plane parallèle à la face d'intrados 7. Les surfaces de coupe définissant les facettes 24 et 25 s'étendent dans la direction longitudinale du bord de fuite 4b, sensiblement sur toute la longueur du bord de fuite.

La facette 24 et la surface de coupe correspondante sont placées à une distance  $p$  de l'arête d'intrados 9, c'est-à-dire de l'intersection entre la face d'intrados 7 et le cylindre ayant pour axe l'axe de la roue de pompe et le diamètre de sortie  $D$ . La facette 25 et la surface de coupe correspondante sont disposées de manière à recouper le bord de fuite 4b suivant une arête supplémentaire 26a disposée à une distance  $l$  de l'arête d'extrados 10. Entre l'arête d'extrados et l'arête supplémentaire 26a le bord de fuite 4b se présente sous la forme d'un rebord de largeur  $l$ .

Les dimensions  $l$  et  $p$  sont définies comme précédemment, dans le cas du mode de réalisation représenté sur les figures 5 et 7.

De cette manière, l'aube de pompe 4 comporte une seconde arête supplémentaire 26b sur la face d'intrados, à une distance  $p$  de l'arête d'intrados d'origine.

Une troisième arête 26c est définie par l'intersection des facettes 24 et 25 dans la partie interne de l'aube de pompe 4, entre les surfaces d'intrados 7 et d'extrados 8.

Sur la figure 9, on a représenté une dernière variante de réalisation de l'aube 4 d'une pompe suivant l'invention, ce mode de réalisation combinant des rainures à section triangulaire analogues aux rainures des modes de réalisation représentés sur les figures 4 et 5.

La rainure 15 est réalisée sur le bord de fuite 4b et la rainure 19 sur la face intrados 7.

La facette de trace 18a, 18b de la rainure 18 est définie par l'angle  $\alpha$  de sa trace dans le plan de coupe perpendiculaire au bord de fuite 4b avec la trace du bord de fuite 4b. La facette de trace 19a, 19b de la rainure 19 est définie par l'angle  $\gamma$  de sa trace dans le plan de coupe avec la trace de la face intrados 7.

Les paramètres  $l_1$ ,  $l_2$  et  $p$  sont définis comme indiqué précédemment.

L'aube réalisée suivant l'invention permet d'obtenir un décollement contrôlé des couches limites de fluide circulant au contact des faces intrados et extrados de l'aube pendant le fonctionnement de la machine centrifuge.

5 Les conditions de décollement des couches limites sont définies en particulier en fonction des longueurs telles que  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l$  et  $p$  ainsi que des angles  $\alpha$  et  $\gamma$ .

On peut ainsi à la fois régler les performances de l'aube et obtenir des conditions de fonctionnement extrêmement stables même dans le cas de variation des paramètres physico-chimiques du fluide et des états de surface  
10 des aubes.

Les aubes selon l'invention peuvent être réalisées directement en usine avec des parties d'extrémité telles que décrites et adaptées au fonctionnement prévu de la pompe.

15 Les parties d'extrémité des aubes peuvent également être modifiées après mise en service de la pompe, par exemple par usinage à la meule ou par découpage, pour être adaptées à de nouvelles conditions d'utilisation.

Dans tous les cas, on forme sur la partie d'extrémité de sortie de l'aube, par exemple par usinage, au moins une arête supplémentaire s'étendant sensiblement suivant toute la longueur du bord de fuite, en plus de  
20 l'arête d'extrados et de l'arête d'intrados.

L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation qui ont été décrits.

On peut envisager d'autres formes d'usinage ou de découpage pour  
25 réaliser des discontinuités de la partie d'extrémité de l'aube comportant le bord de fuite et les parties adjacentes de la face d'intrados et de la face d'extrados, pour obtenir au moins trois arêtes de décollement du fluide dans la partie d'extrémité de l'aube.

L'invention s'applique non seulement aux pompes hélico-centrifuges  
30 telles que les pompes primaires des réacteurs nucléaires, mais également dans le cas de nombreuses autres machines hydrauliques centrifuges.

### REVENDECATIONS

1.- Aube d'une machine centrifuge de pompage ou de compression d'un fluide solidaire d'une roue (1) montée mobile en rotation autour d'un axe (6), comportant une face avant (8) et une face arrière (7) dirigées respectivement vers l'avant et vers l'arrière par rapport au sens de déplacement de la roue (1) en rotation et limitées par un bord (4b) de l'aube appelé bord de fuite à l'une de leurs extrémités située vers l'aval dans le sens d'écoulement du fluide le long des faces (7, 8) de l'aube, caractérisée par le fait qu'elle comporte, dans une partie de sa surface externe comportant le bord de fuite (4b) et des zones de la face avant (8) et de la face arrière (7) adjacentes au bord de fuite (4b), au moins trois arêtes (9, 10, 18a, 18b, 18c, 19a, 19b, 19c, 21, 22, 26a, 26b, 26c) s'étendant dans une direction longitudinale du bord de fuite (4b), sensiblement suivant toute la longueur du bord de fuite (4b).

2.- Aube suivant la revendication 1, caractérisée par le fait qu'elle comporte, suivant son bord de fuite (4b) une rainure (15) présentant une section triangulaire dans un plan perpendiculaire au bord de fuite (4b), et comportant, du côté de l'extrados (8), une première facette faisant, avec le bord de fuite (4b), un angle  $\alpha$  au moins égal à  $30^\circ$ , la première facette (18a, 18b) coupant le bord de fuite (4b) suivant une arête (18a) délimitant, avec l'arête extradados (10), constituée par l'intersection de la face extradados (8) et du bord de fuite (4b), un rebord de largeur (l1) suivant la direction longitudinale du bord de fuite et une seconde facette recoupant le bord de fuite suivant une seconde arête supplémentaire (18c) délimitant avec une arête d'intrados (9) constituée par l'intersection de la face arrière ou face intrados (7) et du bord de fuite (4b), un rebord (17) d'une largeur (l2).

3.- Aube suivant la revendication 2, caractérisée par le fait que l'angle  $\alpha$  est compris entre  $30^\circ$  et  $90^\circ$  et que les longueurs (l1) et (l2) sont comprises entre 5 et 50 % de la largeur du bord de fuite (4b), c'est-à-dire de la tranche de l'aube dans sa partie d'extrémité comportant le bord de fuite (4b), les longueurs (l1) et (l2) étant au moins égale à 0,5 mm.

4.- Aube suivant la revendication 1, caractérisée par le fait qu'elle comporte une rainure (19) usinée dans la face arrière ou face intrados (7) de l'aube, dans la direction longitudinale du bord de fuite (4b) présentant une

section triangulaire dans un plan perpendiculaire au bord de fuite (4b), de manière à former une arête supplémentaire (19a) à une distance (p) d'une arête d'intrados (9) située à l'intersection de la face arrière ou face d'intrados (7) et du bord de fuite (4b), la distance (p) étant supérieure à la distance entre une zone de décollement naturel d'une couche limite de fluide circulant au contact de la face d'intrados (7) et l'arête d'intrados (9), cette distance étant déterminée à partir des conditions de fonctionnement de la machine centrifuge.

5.- Aube suivant la revendication 1, caractérisée par le fait qu'elle comporte à la fois au moins une arête supplémentaire (21) sur la face arrière ou face d'intrados (7) et au moins une arête supplémentaire (22) sur le bord de fuite (4b).

6.- Aube suivant la revendication 5, caractérisée par le fait que les arêtes supplémentaires (21) et (22) réalisées sur la face intrados (7) et sur le bord de fuite (4b), respectivement, se trouvent à l'intersection d'une surface de coupe sensiblement plane (20) faisant un angle  $\alpha$  au plus égal à  $90^\circ$  avec la face externe ou face d'extrados (8) de l'aube (4), au niveau d'une arête d'extrados (10) et de la face arrière ou face d'intrados (7) et le bord de fuite (4b), respectivement, l'arête (22) située à l'intersection de la surface sensiblement plane (20) et du bord de fuite (4b) délimitant avec l'arête d'extrados (10), un rebord (23) d'une largeur (l) comprise entre 5 et 50 % de la largeur du bord de fuite (4b) et au moins égale à 0,5 mm.

7.- Aube suivant la revendication 5, caractérisée par le fait qu'une arête supplémentaire (26a) et une arête supplémentaire (26b) sont formées sur le bord de fuite (4b) et sur la face arrière ou face d'intrados (7), respectivement par intersection de la face d'intrados (7) avec une facette (25) sensiblement plane parallèle à la face d'intrados (7) recoupant le bord de fuite suivant une arête (26a) délimitant avec l'arête d'extrados (10) un rebord de largeur (l) et une facette (24) sensiblement plane perpendiculaire à la face d'intrados (7) définissant une seconde arête supplémentaire (26b) située à une distance (p) de l'arête d'intrados (9) située à l'intersection de la face d'intrados (7) et du bord de fuite (4b).

8.- Aube suivant la revendication 5, caractérisée par le fait qu'elle comporte à la fois :

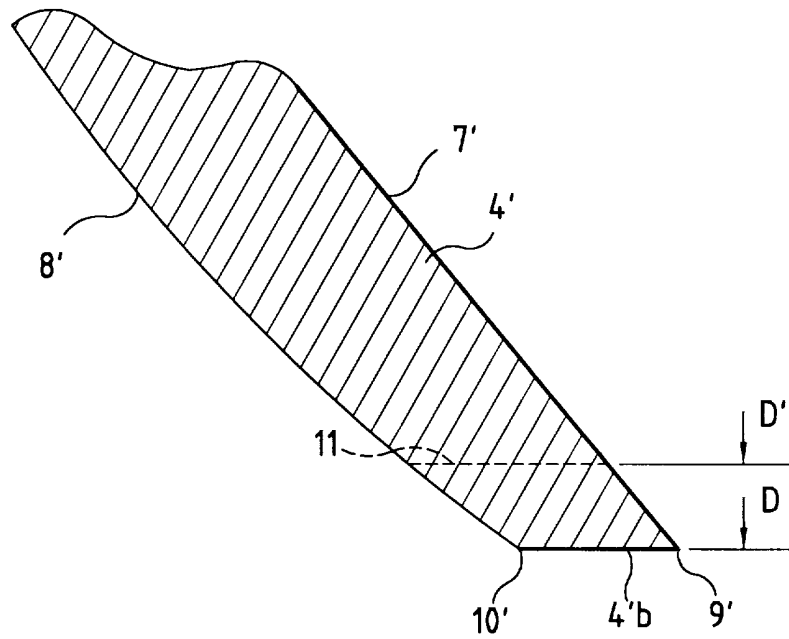
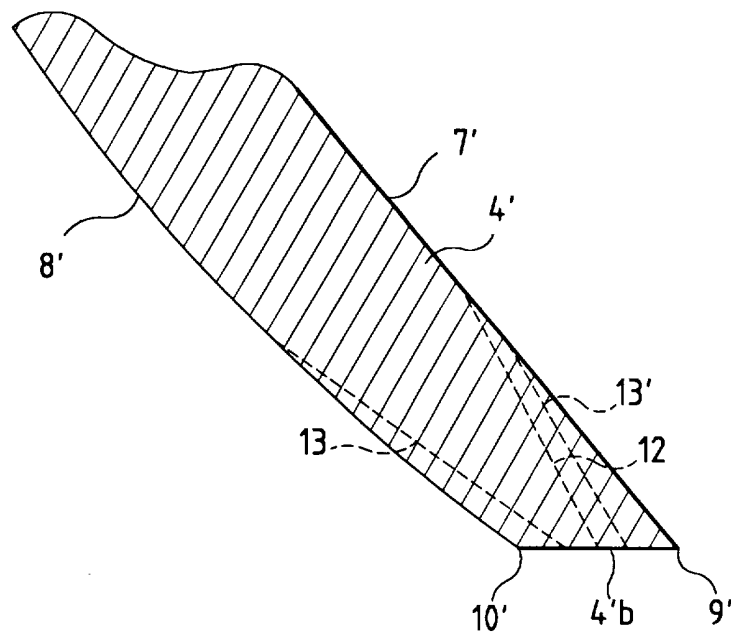
- suivant son bord de fuite (4b) une rainure (15) présentant une section triangulaire dans un plan perpendiculaire au bord de fuite (4b), et comportant, du côté de l'extrados (8), une première facette faisant, avec le bord de fuite (4b), un angle  $\alpha$  au moins égal à  $30^\circ$ , la première facette (18a, 18b) coupant le bord de fuite (4b) suivant une arête (18a) délimitant, avec l'arête extradados (10), constituée par l'intersection de la face extradados (8) et du bord de fuite (4b), un rebord de largeur (l1) suivant la direction longitudinale du bord de fuite et une seconde facette recoupant le bord de fuite suivant une seconde arête supplémentaire (18c) délimitant avec une arête d'intrados (9) constituée par l'intersection de la face arrière ou face intrados (7) et du bord de fuite (4b), un rebord (17) d'une largeur (l2), et

- une rainure (19) usinée dans la face arrière ou face intrados (7) de l'aube, dans la direction longitudinale du bord de fuite (4b) présentant une section triangulaire dans un plan perpendiculaire au bord de fuite (4b), de manière à former une arête supplémentaire (19a) à une distance (p) d'une arête d'intrados (9) située à l'intersection de la face arrière ou face d'intrados (7) et du bord de fuite (4b), la distance (p) étant supérieure à la distance entre une zone de décollement naturel d'une couche limite de fluide circulant au contact de la face d'intrados (7) et l'arête d'intrados (9), cette distance étant déterminée à partir des conditions de fonctionnement de la machine centrifuge.

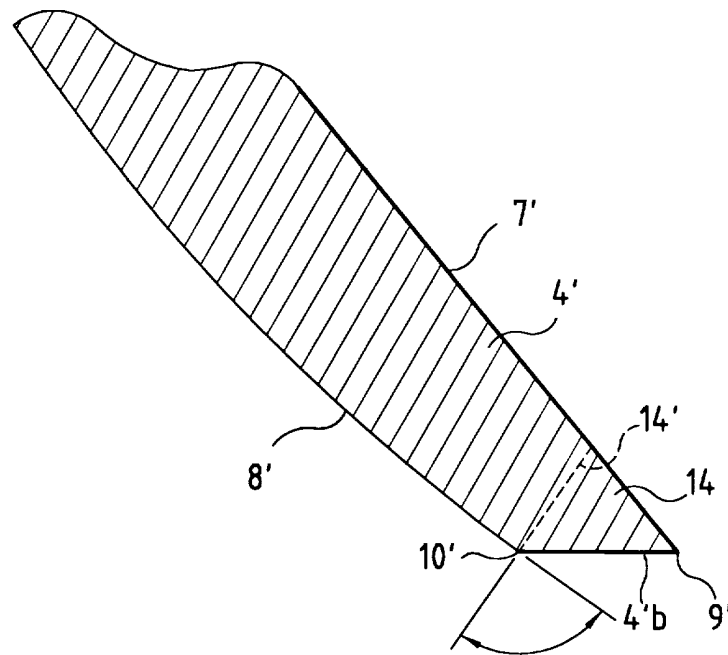
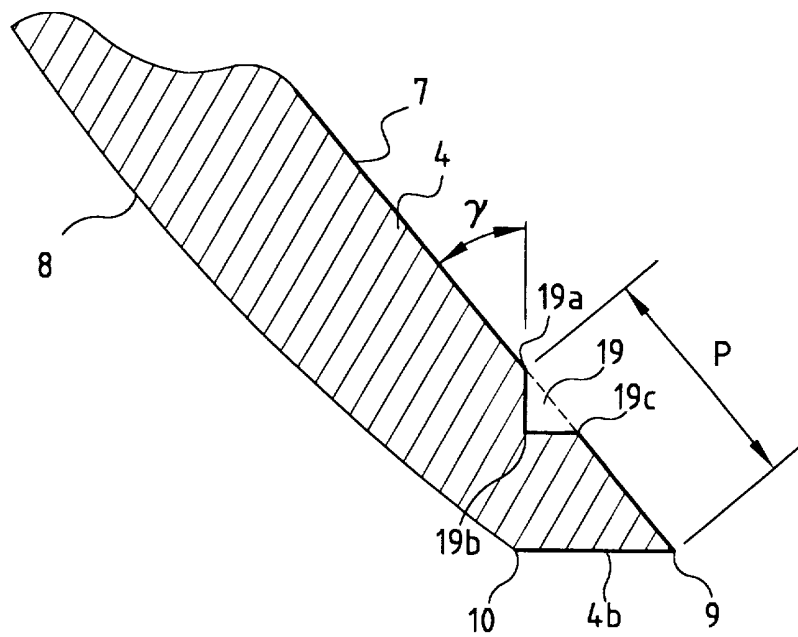
9.- Procédé de réglage des performances d'une aube d'une machine centrifuge de pompage ou de compression d'un fluide solidaire d'une roue montée mobile en rotation (1), comportant une face avant (8) et une face arrière (7) dirigées respectivement vers l'avant et vers l'arrière par rapport au sens de déplacement de la roue (1) en rotation et limitées par un bord de l'aube appelé bord de fuite (4b), à l'une de leurs extrémités situées vers l'aval dans le sens d'écoulement du fluide, le long des faces de l'aube (4), caractérisé par le fait qu'on réalise par usinage d'une zone de la surface externe de l'aube (4) comportant le bord de fuite (4b) et des zones de la face avant (8) et de la face arrière (7) adjacentes au bord de fuite (4b) au moins

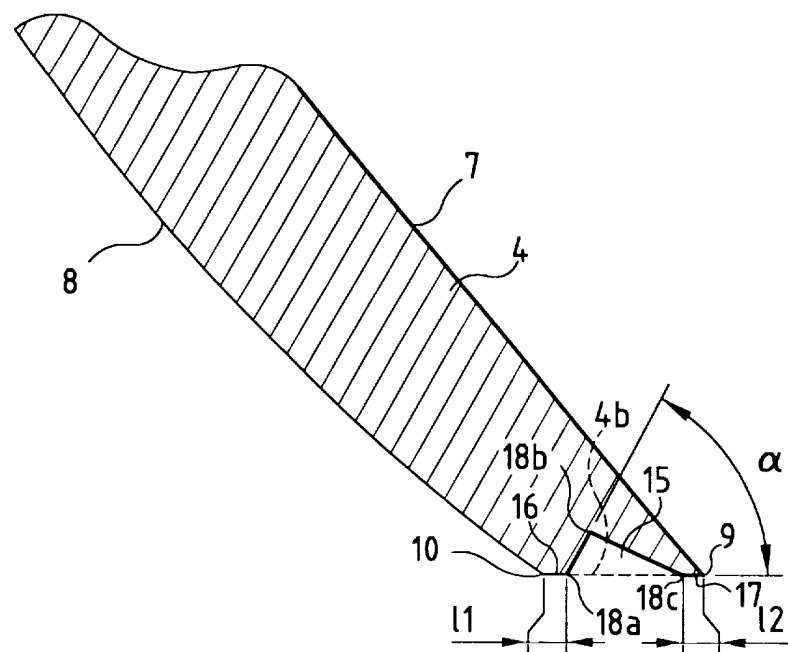
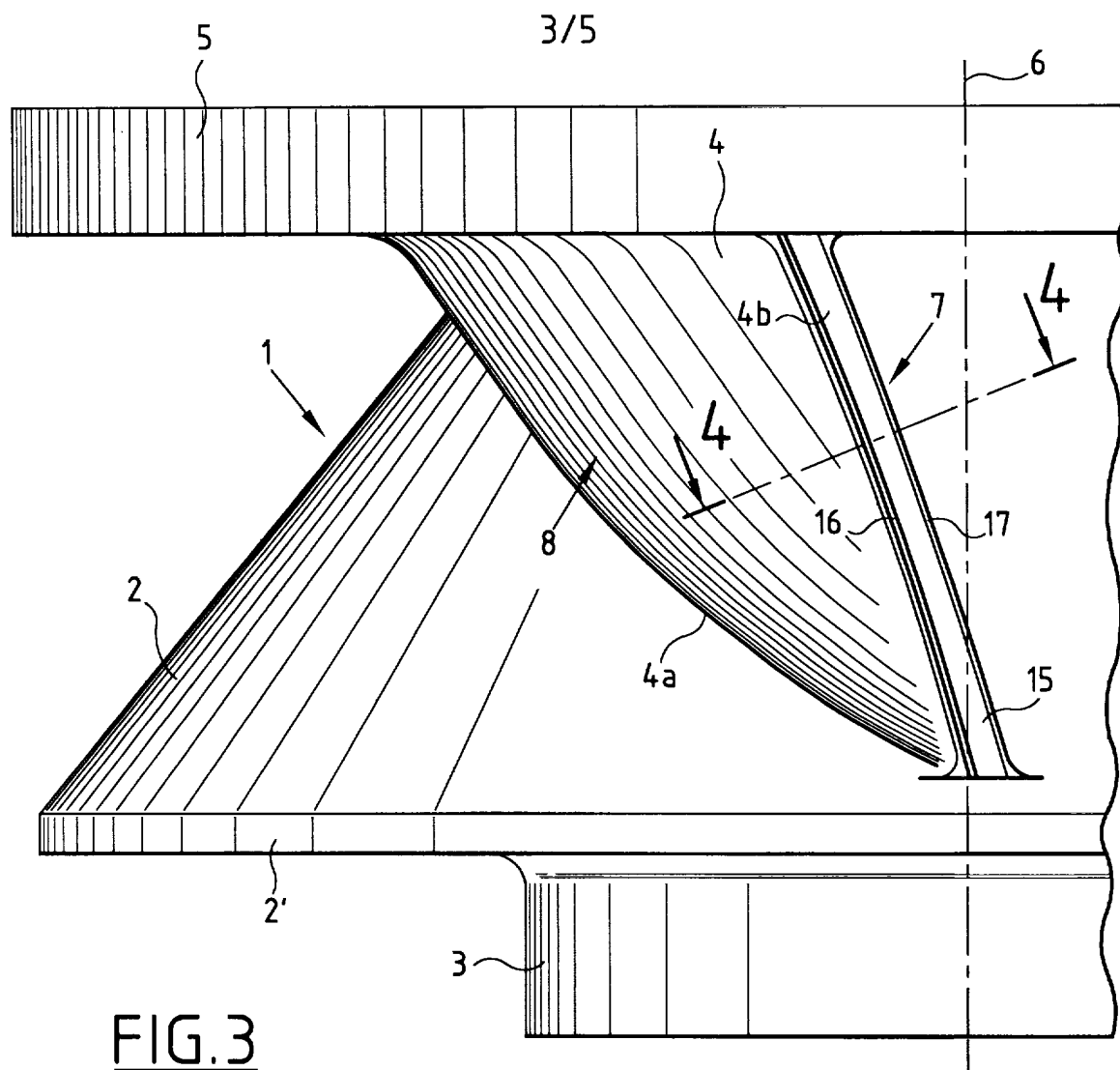
- une arête supplémentaire (18a, 18b, 18c, 21, 22, 26a, 26b, 26c, 19a, 19b, 19c) s'étendant dans une direction longitudinale du bord de fuite (4b), sensiblement sur toute la longueur du bord de fuite (4b), en plus d'une arête d'extrados (9) et d'une arête d'intrados (10) situées à l'intersection du bord de fuite et de la face avant ou extrados et de la face arrière ou intrados, respectivement.
- 5

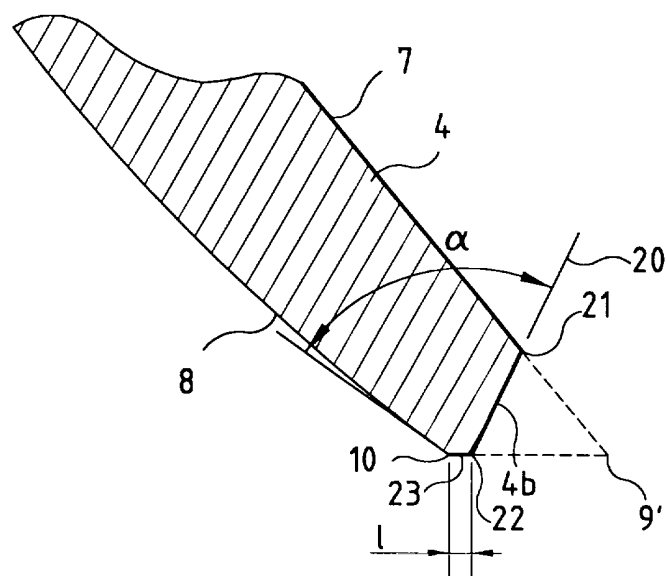
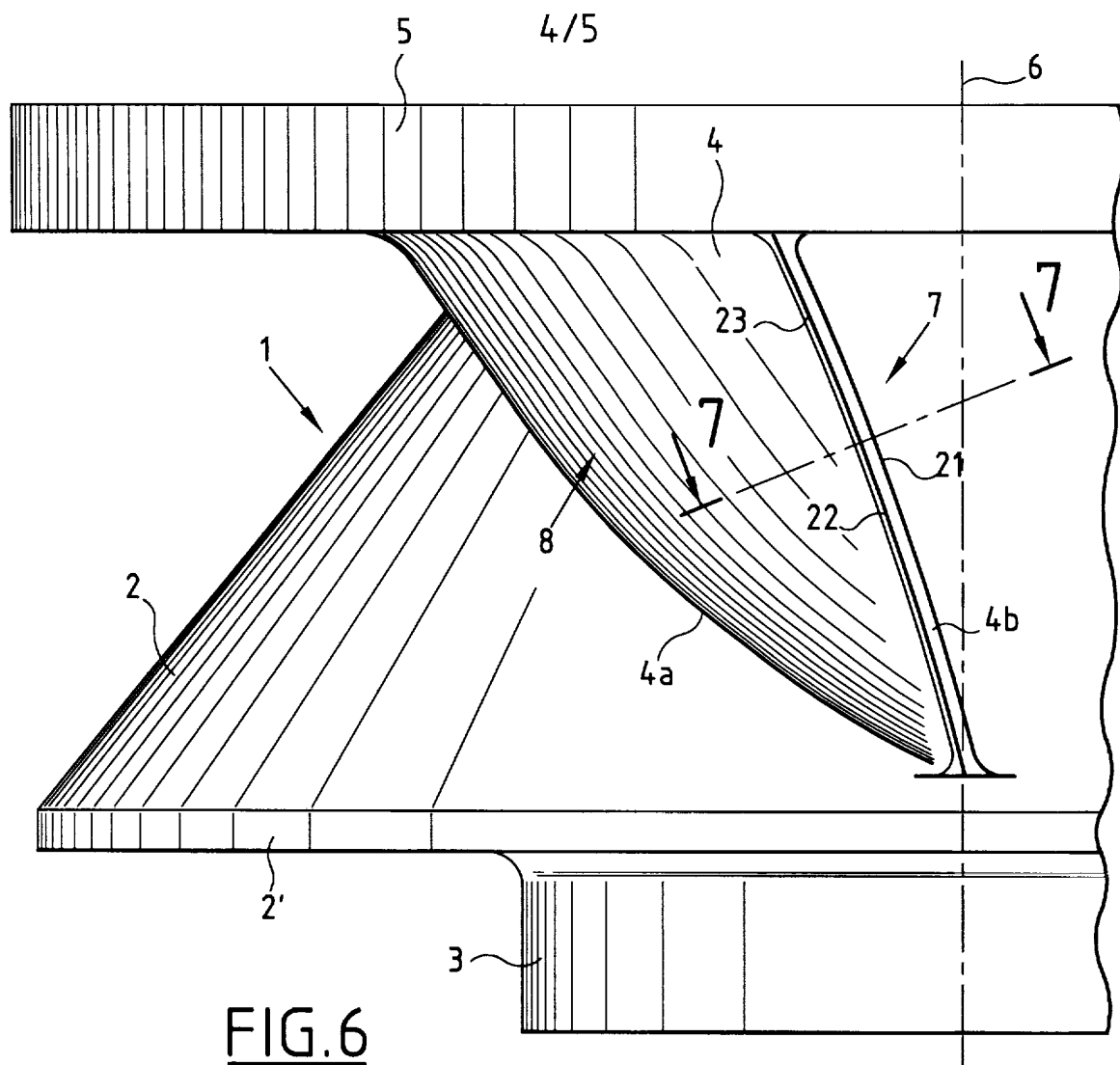
1/5

FIG. 1AFIG. 1B

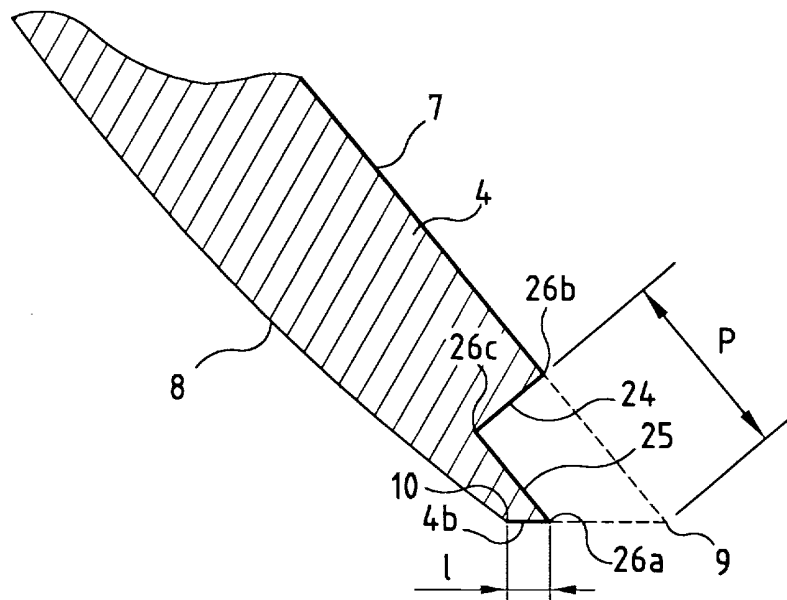
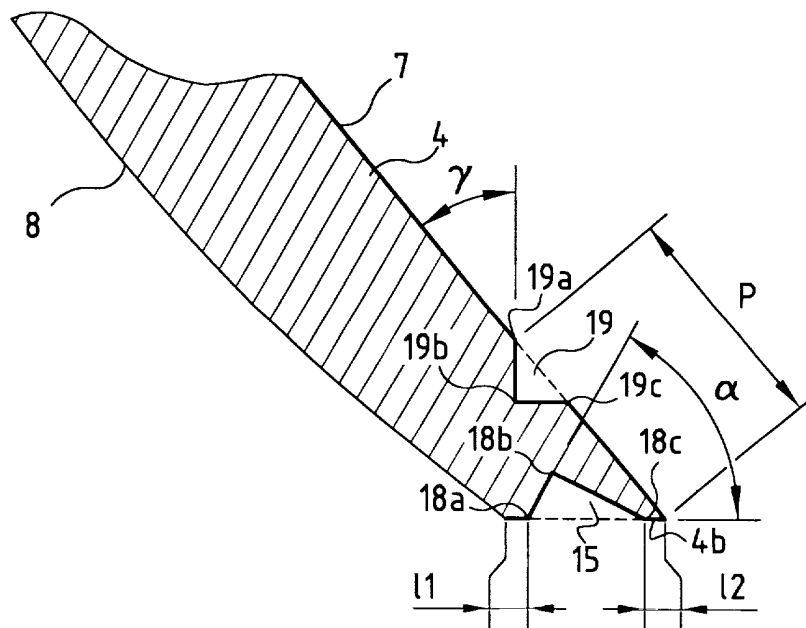
2/5

FIG. 2FIG. 5





5/5

FIG. 8FIG. 9

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2802579

N° d'enregistrement  
national

FA 581688  
FR 9916173

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                             | Revendication(s)<br>concernée(s) | Classement attribué<br>à l'invention par l'INPI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes                          |                                  |                                                 |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US 3 027 845 A (GILMAN)<br>3 avril 1962 (1962-04-03)<br>* page 2, ligne 19 - ligne 59; figures 1-4<br>*     | 1,9                              | F04D29/30                                       |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ----                                                                                                        | 2,8                              |                                                 |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | DE 897 801 C (BUSMANN)<br>* le document en entier *                                                         | 1,5                              |                                                 |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | FR 1 025 250 A (ANDERMATT)<br>17 avril 1953 (1953-04-17)<br>* page 2, ligne 5 - ligne 16; figures 9-11<br>* | 1,4,9                            |                                                 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | FR 1 514 037 A (LUTIN)<br>9 mai 1968 (1968-05-09)<br>* le document en entier *                              | 1,5,9                            |                                                 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | DE 196 14 420 A (WOBLEN ALOYS)<br>16 octobre 1997 (1997-10-16)<br>* le document en entier *                 | 1,2,9                            |                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                             |                                  | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHÉS (Int.CL.7)    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | US 1 688 345 A (MURSH)<br>23 octobre 1928 (1928-10-23)<br>-----                                             |                                  | F04D                                            |
| Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                             | Examineur                        |                                                 |
| 11 septembre 2000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                             | Teerling, J                      |                                                 |
| <p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br/>A : arrière-plan technologique<br/>O : divulgation non-écrite<br/>P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.<br/>D : cité dans la demande<br/>L : cité pour d'autres raisons<br/>.....<br/>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |                                                                                                             |                                  |                                                 |