

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 019 237**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **14 52798**

⑤1 Int Cl⁸ : **F 03 D 3/06 (2014.01), F 03 D 11/00**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 ROTOR DE TYPE SAVONIUS.

②2 Date de dépôt : 31.03.14.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 02.10.15 Bulletin 15/40.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 29.03.19 Bulletin 19/13.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE
Etablissement public —FR et

⑦2 Inventeur(s) : GUIGNARD STEPHAN NORBERT.

⑦3 Titulaire(s) : UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE
Etablissement public, CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

⑦4 Mandataire(s) : OMNIPAT Société anonyme.

FR 3 019 237 - B1



ROTOR DE TYPE SAVONIUS

La présente invention concerne un rotor utilisé dans les éoliennes ou les hydroliennes, et en particulier les rotors comprenant des pales qui, sous l'effet d'un écoulement de fluide, transmet à l'axe de rotation du rotor durant un tour de rotation autour de cet axe, alternativement un couple moteur
5 entraînant le rotor en rotation, et un couple résistant, s'opposant à la rotation du rotor. Ainsi, la présente invention concerne plus particulièrement, mais non exclusivement, les rotors à axe non parallèle à la direction d'écoulement du fluide, comme les rotors de type Savonius.

Un rotor de type Savonius comprend classiquement deux ou plusieurs
10 pales rigides, de forme semi-cylindrique, disposées de manière symétrique autour de l'axe de rotation du rotor. Le diamètre de chacune des pales est compris entre le rayon et le diamètre du rotor. Lorsque le diamètre des pales est supérieur au rayon du rotor, les faces concaves des pales se font face partiellement deux à deux.

15 Les rotors de type Savonius présentent l'avantage d'offrir un couple élevé au démarrage et donc de pouvoir démarrer à de faibles vitesses d'écoulement de fluide. Les rotors de ce type offrent également des performances indépendantes de la direction d'écoulement du fluide dans un plan perpendiculaire à l'axe du rotor, et sont relativement peu encombrants.
20 Leur vitesse de rotation optimale est relativement faible, de l'ordre de la vitesse d'écoulement du fluide à l'extrémité extérieure des pales. Par comparaison, les éoliennes de type Darreius, également à axe vertical présentent une vitesse à l'extrémité des pales de l'ordre de cinq fois la vitesse d'écoulement du fluide. Pour les éoliennes à axe horizontal, cette
25 vitesse est de l'ordre de dix fois la vitesse d'écoulement du fluide. Les rotors de type Savonius sont donc moins sensibles aux impacts éventuels d'objets contre les pales et présentent peu de danger pour les objets en mouvement dans l'écoulement. L'inconvénient principal des rotors de ce type réside dans leur rendement relativement faible. Ils présentent également un couple
30 variable durant un tour de rotation des pales, et une masse relativement élevée.

Il a été démontré qu'un rotor de type Savonius à deux pales présente un rendement maximum lorsque la distance entre les bords longitudinaux intérieurs des deux pales est de l'ordre d'un sixième du diamètre du rotor défini par la distance entre les bords longitudinaux extérieurs des deux pales.

5 Même si cette condition est réalisée, le rendement d'un tel rotor reste faible.

Il peut donc être souhaitable d'améliorer le rendement d'un rotor de type Savonius.

Des modes de réalisation concernent un rotor comprenant des pales tournant autour d'un axe de rotation, chaque pale étant configurée pour
10 transmettre à l'axe de rotation, durant un tour de rotation du rotor autour de l'axe de rotation, sous l'effet de l'écoulement d'un fluide, alternativement un couple moteur entraînant en rotation le rotor autour de l'axe de rotation, et un couple résistant tendant à s'opposer à la rotation du rotor autour de l'axe de rotation. Selon un mode de réalisation, au moins une des pales comprend
15 des moyens pour augmenter, sous l'effet de l'écoulement du fluide, une surface projetée de la pale sur un plan perpendiculaire à une direction d'écoulement du fluide, uniquement lorsque la pale transmet le couple moteur à l'axe de rotation du rotor.

Selon un mode de réalisation, au moins une des pales comprend des
20 moyens pour diminuer, sous l'effet de l'écoulement du fluide, sa surface projetée, uniquement lorsque la pale transmet le couple résistant à l'axe de rotation du rotor.

Selon un mode de réalisation, au moins une des pales comprend dans une région d'un bord longitudinal extérieur de la pale, une partie flexible
25 configurée pour se déployer vers l'extérieur du rotor sans se retourner sous l'effet de l'écoulement du fluide, lorsque la pale transmet le couple moteur à l'axe de rotation du rotor.

Selon un mode de réalisation, au moins une des pales comprend dans une région d'un bord longitudinal extérieur de la pale, une partie flexible
30 configurée pour se rétracter vers l'intérieur du rotor sans rester plaquée contre une autre des pales du rotor, lorsque la pale transmet le couple résistant à l'axe de rotation du rotor.

Selon un mode de réalisation, au moins une des pales comprend une partie rigide et un volet flexible ou pivotant fixé le long d'un bord longitudinal
35 extérieur de la pale.

Selon un mode de réalisation, les pales sont disposées autour de l'axe de rotation de manière à ce que des faces concaves des pales soient partiellement en vis-à-vis.

5 Selon un mode de réalisation, les pales sont jointives le long de l'axe de rotation du rotor.

Selon un mode de réalisation, au moins une des pales se trouve d'un côté d'un plan passant par un point d'un bord longitudinal intérieur de la pale et l'axe de rotation, tandis que la partie flexible de la pale se trouve au moins en partie de l'autre côté de ce plan.

10 Selon un mode de réalisation, au moins une des pales comprend une partie interne rigide entre des bords longitudinaux intérieur et extérieur de la pale, et une partie externe fixée le long du bord longitudinal extérieur de la partie interne, la partie externe étant flexible ou bien rigide et fixée à la partie interne par une articulation.

15 Selon un mode de réalisation, chacune des pales comprend une partie interne rigide présentant dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation un profil courbe, plan ou semi-circulaire.

20 Selon un mode de réalisation, chaque pale comprend une partie centrale rigide, au moins une des pales présentant une partie latérale flexible le long de son bord longitudinal intérieur, et au moins une des pales présentant une partie latérale flexible le long de son bord longitudinal extérieur.

Des modes de réalisation concernent également une éolienne comprenant le rotor précédemment défini.

25 Des modes de réalisation concernent également une hydrolienne comprenant le rotor précédemment défini, plongé dans un liquide, l'axe de rotation du rotor étant sensiblement vertical.

30 Selon un mode de réalisation, l'hydrolienne comprend un générateur d'électricité couplé au rotor et disposé au dessus du rotor et de la surface du liquide.

Des exemples de réalisation de l'invention seront décrits dans ce qui suit, à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

35 la figure 1 est une vue en perspective d'un rotor, selon un mode de réalisation,

la figure 2 est une vue axiale en coupe du rotor,
 la figure 3 est une vue latérale du rotor, selon un mode de réalisation,
 les figures 4A à 4C représentent en coupe le rotor suivant différentes orientations par rapport à la direction d'écoulement d'un fluide dans lequel le rotor est plongé,

5 la figure 5 est une vue axiale en coupe du rotor et illustre différents phases d'action des pales sur la rotation du rotor en fonction de la direction d'écoulement d'un fluide dans lequel le rotor est plongé,

10 la figure 6 est une vue axiale en coupe d'un rotor classique de type Savonius et illustre différentes phases d'action des pales sur la rotation du rotor en fonction de la direction d'écoulement d'un fluide dans lequel le rotor est plongé,

les figures 7A à 7D sont des vues axiales en coupe de rotors selon divers autres modes de réalisation,

15 les figures 8 et 9 sont des vues axiales en coupe de rotors selon d'autres modes de réalisation.

Les figures 1, 2 et 3 représentent un rotor 1 de type Savonius ayant un axe de rotation X, et comprenant des pales 2, 3 uniformément réparties autour de l'axe X. Les pales 2, 3 présentent chacune un profil courbe dans un plan perpendiculaire à l'axe X, avec une face concave, une face convexe, un bord longitudinal intérieur 22, 32 proche de l'axe X du rotor et un bord longitudinal extérieur 23, 33 plus éloigné de l'axe X que le bord longitudinal intérieur 22, 32. Les pales 2, 3 peuvent être fixées par un bord transversal 24, 34 sur un plateau 11, par exemple en forme de disque, perpendiculaire à l'axe X, ou par des bords transversaux opposés 24, 25, 34, 35, entre deux flasques 11, 12, par exemple en forme de disque, perpendiculaires à l'axe X (figure 3). Les pales 2, 3 peuvent être fixées sur le plateau 11 ou entre les flasques 11, 12 de manière à ce que l'axe X soit situé entre les bords longitudinaux intérieur 22, 32 et extérieur 23, 33 de chaque pale 2, 3. Le plateau 11 peut être couplé au rotor d'un générateur électrique 14 (figure 1), soit directement par l'intermédiaire d'un arbre 13 coaxial à l'axe X, soit par l'intermédiaire d'un multiplicateur mécanique.

Quelle que soit la direction de déplacement dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation X, du fluide dans lequel il est plongé, le

rotor 1 tourne dans une même direction indiquée par la flèche 9 sur la figure 2.

Le rotor 1 peut être utilisé dans n'importe quel fluide, tel que l'air et/ou l'eau, ou même un fluide complexe tel qu'un liquide surmonté d'un gaz, ou un liquide mélangé à des particules solides, avec son axe de rotation X disposé dans n'importe quelle direction, à l'exception de la direction d'écoulement du fluide, par exemple verticalement ou horizontalement. Dans l'eau (ou un autre liquide), seul le rotor 1 peut être immergé avec son axe de rotation sensiblement vertical, en maintenant le générateur 14 au-dessus de l'eau. Ainsi, il est possible de disposer le rotor 1 couplé à un générateur en évitant qu'une interface entre deux pièces mobiles l'une par rapport à l'autre soit immergée. Il est à noter qu'en mer si le rotor est flottant, en présence de houle notamment, l'axe X du rotor peut être amené à varier d'une manière importante autour de la verticale, par exemple entre $[-30^\circ, +30^\circ]$ par rapport à la verticale, sans que le rendement du rotor ne s'en trouve affecté. Il n'est donc pas nécessaire que la direction d'écoulement du fluide soit fixe et perpendiculaire à l'axe de rotation du rotor.

Selon un mode de réalisation, un volet 21, 31 flexible est fixé au bord longitudinal extérieur 23, 33 de chaque pale 2, 3, de manière à pouvoir s'orienter librement sous l'effet de l'écoulement du fluide au voisinage du bord 23, 33. Chaque volet 21, 31 peut s'étendre sur la totalité du bord longitudinal extérieur 23, 33 de la pale 2, 3 ou sur une partie seulement de ce bord, ou bien être divisé en plusieurs tronçons fixés au bord 23, 33 de la pale 2, 3. En effet, il peut être avantageux de prévoir de diviser les volets en tronçons si le rotor peut subir localement des variations en intensité et/ou en direction de l'écoulement du fluide. Dans ce cas, chaque tronçon de volet peut s'orienter entre ses positions totalement déployée et rétractée, en fonction de la direction et de l'intensité de l'écoulement du fluide qu'il subit. Il peut également être prévu que plonger le rotor dans différentes couches de fluides superposées, comme dans l'eau et dans l'air. Dans ce cas, la largeur et la flexibilité ou l'amplitude de débattement de chaque tronçon de volet peuvent être également adaptées à la densité et la viscosité du fluide dans lequel le tronçon de volet est destiné à être immergé.

Chaque volet 21, 31 peut s'étendre jusqu'à une certaine distance de chaque flasque 11, 12, pour ne pas être gêné dans ses mouvements par les

flasques 11, 12. Cette disposition peut également permettre de réduire le risque qu'un objet se coince entre le volet et la flasque. La largeur de chaque volet 21, 31 peut dépendre de la flexibilité du volet. En effet, chacun des volets 21, 31 est suffisamment rigide pour ne pas se retourner sous l'effet de la poussée exercée par l'écoulement du fluide. Le débattement angulaire du bord libre 26, 26 de chaque volet 21, 31 peut ainsi être limité à $[80^\circ, +80^\circ]$ par rapport à la direction de la tangente au bord longitudinal extérieur 23, 33 de la pale où le volet est fixé. En outre, chacun des volets 21, 31 ne doit pas pouvoir masquer totalement une entrée du rotor en restant plaqué contre l'autre pale sous l'effet de la poussée exercée par le fluide. Cette dernière condition peut bien entendu être réalisée avec des volets suffisamment étroits. Ainsi, la largeur de chaque volet 21, 31 peut par exemple être comprise entre $1/6$ et une fois le rayon du rotor 1, selon la rigidité du volet 21, 31. A noter que cette largeur n'est pas nécessairement constante sur toute la hauteur de la pale 2, 3. De même, le rayon des pales 2, 3 n'est pas nécessairement constant sur toute la hauteur des pales. Les bords longitudinaux intérieur 22, 32 et extérieur 23, 33 de chaque pale 2, 3 ne sont pas non plus nécessairement rectilignes et parallèles à l'axe de rotation X, mais peuvent avoir toute autre forme, par exemple une forme hélicoïdale autour de l'axe X.

Chaque volet 21, 31 peut être réalisé dans un matériau flexible, tel qu'une résine ou une toile tissée ou non tissée, éventuellement enduite d'une résine. Chaque volet 21, 31 peut être fixé sur le bord longitudinal extérieur 23, 33 de l'une des pales 2, 3 par tout moyen adapté aux matériaux dans lesquels sont réalisés les pales 2, 3 et les volets 21, 31. Ainsi, chaque volet 21, 31 peut être fixé à l'une des pales 2, 3 par exemple à l'aide de colle, de bandes adhésives, de vis, de clous ou de rivets. Les volets 21, 31 peuvent également être rigides et fixés aux bords 23, 33 des pales 2, 3 par des charnières ou une liaison flexible formant une charnière avec un débattement limité pour éviter un retournement et un plaquage des volets contre une autre pale. Chacune des pales 2, 3 avec son volet 21, 31 respectif peut également être réalisée en une seule pièce, par exemple par moulage, la flexibilité de la partie correspondant au volet pouvant être obtenue par l'utilisation de différents matériaux ou en jouant sur l'épaisseur de la pale.

Selon un mode de réalisation, chaque pale 2, 3 présente une rigidité qui diminue en allant du bord longitudinal intérieur 22, 32 au bord longitudinal extérieur 26, 36 de la partie volet 21, 31. Cette diminution peut être progressive ou par un ou plusieurs sauts, de manière à ce que la partie au voisinage du bord extérieur 26, 36 soit flexible.

Dans l'exemple des figures 1 à 3, le rotor 1 comprend deux pales disposées symétriquement autour de l'axe X, chaque pale présentant une forme semi-cylindrique (figures 1 et 3) ou un profil semi-circulaire dans un plan perpendiculaire à l'axe X (figures 1 à 3). Chacun des bords longitudinaux intérieurs 22, 32 d'une des deux pales 2, 3 est situé entre les bords longitudinaux intérieur et extérieur 22, 23, 32, 33 de l'autre des deux pales. Les bords longitudinaux intérieurs 22, 32 sont espacés d'une distance e qui peut être choisie égale au quart du rayon R de chaque pale 2, 3 ou au sixième du diamètre D du rotor 1, le diamètre D correspondant à la distance entre les bords longitudinaux extérieurs 23, 33 des deux pales 2, 3. Par ailleurs, dans l'exemple des figures 1 et 3, les bords 22, 32 et 23, 33 sont parallèles à l'axe X.

Durant la rotation du rotor 1, les volets souples 21, 31 tendent à s'orienter suivant la direction et en fonction de l'amplitude de la vitesse apparente du fluide. Cette vitesse apparente est définie par un vecteur vitesse V_r, V_r' correspondant à la différence vectorielle d'un vecteur vitesse V_1, V_1' lié en amplitude et en direction à la vitesse d'écoulement du fluide au voisinage du volet 21, 31, et d'un vecteur vitesse V_2, V_2' ayant une amplitude lié à la vitesse linéaire du bord longitudinal 23, 33 et une direction tangentielle à la pale 2, 3 vers l'intérieur de la pale dans la région du bord longitudinal 23, 33. A noter que le vecteur vitesse V_1, V_1' est également lié à la position angulaire du rotor 1 par rapport à la direction d'écoulement du fluide correspondant à la direction des vecteurs V_1, V_1' . En effet, dans une région en aval du rotor 1 par rapport à la direction d'écoulement du fluide, le volet 21, 31 ne subit pas ou peu la force d'écoulement du fluide. Au démarrage du rotor 1 et jusqu'à ce que la vitesse linéaire des volets 21, 31 en rotation autour de l'axe X atteigne la vitesse d'écoulement du fluide, le vecteur vitesse apparent V_r, V_r' au voisinage de chacun des volets 21, 31 peut avoir n'importe quelle direction. Lorsque leur vitesse linéaire devient supérieure à celle du fluide, le vecteur vitesse apparent V_r, V_r' est dirigé

dans un secteur angulaire centré sur la direction tangentielle à la pale 2, 3 vers l'extérieur dans la région du bord longitudinal 23, 33 (direction du vecteur vitesse V_2 sur la figure 2), et limité à $[-90^\circ, +90^\circ]$. A noter toutefois que la vitesse linéaire optimale du bord extérieur 23, 33 de chaque pale d'un rotor de type Savonius est située entre 0,5 et 0,7 fois la vitesse d'écoulement du fluide.

Les figures 4A à 4C représentent les pales 2, 3 et la direction du vecteur vitesse apparent V_r, V_r' du fluide, dans différentes configurations pouvant se produire durant un tour du rotor 1, dans le cas où la vitesse linéaire des volets 21, 31 (ou des bords extérieurs 23, 33) est inférieure à la vitesse d'écoulement du fluide. Sur sensiblement la moitié d'un tour du rotor 1, le vecteur vitesse apparent V_r au voisinage du volet 21 est dirigé vers l'extérieur du rotor 1, tandis qu'au voisinage du volet 31, ce vecteur vitesse apparent V_r' est dirigé vers l'intérieur du rotor (figures 4B, 4C). Sur l'autre moitié d'un tour du rotor 1, les orientations des vecteurs vitesse apparents V_r, V_r' au voisinage des deux volets 21, 31 sont inversés (figure 4A). Par ailleurs, lorsque la vitesse linéaire V_2, V_2' des volets 21, 31 est inférieure à la vitesse d'écoulement du fluide V_1 , le vecteur vitesse apparent peut être dirigé dans une direction susceptible d'entraîner un retournement du volet 21, c'est-à-dire avoir une composante suivant la direction du vecteur V_2, V_2' , ayant une direction opposée à ce dernier. Ainsi, sur la figure 4A, le vecteur vitesse V_r est susceptible de retourner le volet 21 vers l'intérieur du rotor 1. Sur la figure 4B, le vecteur vitesse V_r est susceptible de retourner le volet 21 vers l'extérieur du rotor 1. Le passage de la configuration de la figure 4A à celle de la figure 4B provoque le basculement du volet 21 de l'intérieur vers l'extérieur.

Lorsque l'un des deux volets 21 subit une vitesse apparente de fluide V_r dirigée vers l'extérieur du rotor 1 (figure 4B), il a tendance à se déployer (vers l'extérieur du rotor 1) et donc à augmenter la surface frontale S_1 de la pale 2, opposée à l'écoulement du fluide (surface projetée sur un plan perpendiculaire à la direction d'écoulement du fluide). Il peut être noté également que ce déploiement se produit lorsque la pale oppose sa face concave à l'écoulement du fluide. Il en résulte une augmentation du couple moteur transmis par la pale 2 à l'axe de rotation X du rotor, tendant à faire tourner le rotor 1. Inversement, lorsque l'un des deux volets 31 subit une

force vers l'intérieur du rotor 1, il a tendance à s'effacer (vers l'intérieur du rotor 1) et donc à diminuer la surface frontale S_2 (inférieure à S_1) de la pale 3 opposée à l'écoulement du fluide. Il peut être noté également que cet effacement se produit lorsque la pale oppose sa face convexe à l'écoulement du fluide. Il en résulte une diminution du couple résistant exercé par la pale 3 (par rapport à celui qu'aurait la pale si son volet restait en configuration déployée), durant une phase où elle tend à s'opposer à la rotation du rotor 1.

La figure 5 représente différentes phases de fonctionnement I à IV du rotor 1 en fonction de la direction d'écoulement du fluide, dans un repère lié au rotor. Les différentes phases I à IV correspondent donc à des secteurs angulaires d'incidence de l'écoulement du fluide sur le rotor 1. Durant la phase I, la pale 2 reçoit le fluide sur sa face concave et donc exerce un couple moteur sur le rotor 1. Durant cette phase, la pale 3 reçoit le fluide sur sa face convexe et donc exerce un couple résistant sur le rotor. Durant la phase II, les rôles respectifs des pales 2, 3 sont inversés. Ainsi, la pale 3 exerce un couple moteur sur le rotor, tandis que la pale 2 exerce un couple résistant. Les phases I et II sont donc alternativement des phases motrices et résistantes pour chacune des pales 2, 3. Les phases III et IV entre les phases I et II délimitent des secteurs angulaires "morts", dans lesquels le fluide n'entre en prise avec la face concave d'aucune des pales 2, 3. En réalité, les pales continuent à exercer un faible couple moteur durant les phases III et IV.

A titre de comparaison, la figure 6 représente les différentes phases de fonctionnement I à IV d'un rotor de type Savonius classique. Il apparaît que les secteurs angulaires "morts" correspondants aux phases III et IV sont moins étendus sur la figure 5 que sur la figure 6, grâce à la présence des volets flexibles 21, 31.

Il est à noter que les parties flexibles et les volets qui viennent d'être décrits s'orientent automatiquement par rapport aux pales, sous l'effet de l'écoulement du fluide, sans qu'il soit nécessaire de prévoir des moyens actifs pour orienter les parties flexibles et les volets. A noter également que les parties flexibles ou les volets sont situés plus loin de l'axe de rotation X que les pales. Par conséquent, en position déployée, les forces qu'ils reçoivent de l'écoulement du fluide produisent un couple moteur proportionnellement plus grand (dépendant de la distance entre le point

d'application de la force et l'axe de rotation X) que le couple moteur exercé par la pale motrice. L'invention permet donc d'améliorer le rendement du rotor, à l'aide de moyens simples et donc à un coût relativement modeste.

Il apparaîtra clairement à l'homme de l'art que la présente invention est susceptible de diverses variantes de réalisation et diverses applications. En particulier, l'invention couvre également un rotor avec une seule pale équipée d'une partie flexible. Il n'est pas non plus nécessaire que la partie flexible se rétracte à l'intérieur du rotor lorsque la pale exerce sur le rotor un couple résistant. Il importe simplement que la partie flexible puisse se déployer lorsque la pale exerce un couple moteur, et se rétracter suivant la tangente au bord longitudinal extérieur de la pale, lorsque la pale exerce un couple résistant.

L'invention n'est pas non plus limitée à un rotor comportant des pales semi-cylindriques et des volets prolongeant les bords extérieurs des pales. Ainsi, les figures 7A à 7E présentent des profils de rotor selon divers autres modes de réalisation.

Sur la figure 7A, les pales 2a, 2b sont formées en une seule pièce avec une partie interne rigide ayant un profil semi-circulaire dans un plan perpendiculaire à l'axe X, et une extension flexible 21a, 31a du bord extérieur (par rapport à l'axe X du rotor) de la partie interne. Sur la figure 7B, les pales 2b, 3b sont planes et disposées en regard l'une de l'autre, chaque pale comportant un bord solidaire d'un prolongement flexible 21b, 31b. Sur la figure 7C, les pales 2c, 3c diffèrent de celles de la figure 7B en ce que la partie plane de chaque pale est remplacée par une partie légèrement courbée avec une face concave du côté de l'axe X du rotor. Les parties flexibles 21c, 31c des pales 2c, 3c sont sensiblement identiques aux parties flexibles 21b, 31b. Sur la figure 7D, le profil ou la section de chaque pale 2d, 3d dans un plan perpendiculaire à l'axe X du rotor présente une forme plus complexe, comportant une partie intérieure 22d, 32d (par rapport à l'axe X du rotor) décrivant sensiblement un quart de cercle, suivie d'une partie légèrement convexe 23d, 33d orientée vers l'axe X, et d'une partie flexible 21d, 31d contournant en partie le bord longitudinal intérieur de l'autre pale.

Selon un mode de réalisation, tout ou partie de la partie flexible de chaque pale du rotor s'étend d'un côté d'un plan passant par un point du bord longitudinal intérieur de la pale et l'axe de rotation du rotor, tandis que la

pale se trouve de l'autre côté de ce plan (figures 1, 2, 7A à 7C). En d'autres termes, chaque pale entoure l'axe X du rotor sur un secteur angulaire AS supérieur à 180° . Dans l'exemple de la figure 7D, chaque pale entoure l'axe X du rotor sur un secteur angulaire voisin de 180° .

5 Par ailleurs, il n'est pas non plus nécessaire que les pales du rotor soient fixées sur le support 11 de manière à ce que l'axe X du rotor soit situé entre les bords longitudinaux intérieur et extérieur de chaque pale. En effet, les bords longitudinaux intérieurs de toutes les pales du rotor peuvent être jointifs dans la région de l'axe X du rotor, comme illustré par la figure 7E. Sur
10 cette figure, les pales 2e, 3e présentent chacune sensiblement un même profil que celles de la figure 7A avec des parties externes flexibles 21e, 31e, mais des bords longitudinaux intérieurs jointifs dans la région de l'axe X du rotor. Cette disposition permet notamment d'éviter qu'un objet se coince entre les pales.

15 L'invention n'est pas non plus limitée à un rotor à deux pales, mais couvre également des rotors à trois ou davantage de pales, chaque pale ayant une partie extérieure flexible. Ainsi, la figure 8 représente un rotor 10 à trois pales 4, 5, 6 ayant un profil semi-circulaire, réparties uniformément autour de l'axe de rotation X du rotor 10, et comportant une partie flexible 41,
20 51, 61 prolongeant le profil semi-circulaire vers l'extérieur du rotor. La figure 9 représente un rotor 20 à quatre pales 2, 3, 7, 8 disposées symétriquement autour de l'axe X du rotor 20, c'est-à-dire comprenant deux pales supplémentaires 7, 8 par rapport au rotor 1. Une partie flexible 21, 31, 71, 81 prolonge le profil semi-circulaire de chaque pale 2, 3, 7, 8 vers l'extérieur du
25 rotor.

Dans le cas de pales en une seule pièce avec une partie rigide et une partie flexible, seul un bord transversal de la partie rigide est fixé à la flasque 11, ou seuls les bords transversaux de la partie rigide de chaque pale sont fixés aux flasques 11, 12. Les bords transversaux des parties flexibles ne
30 sont pas fixés aux flasques 11, 12.

En outre, dans le cas de pales présentant des régions de rigidités différentes, la région rigide d'une des pales ne s'étend pas nécessairement à partir de son bord longitudinal intérieur jusqu'à la partie flexible de la pale dans la région de son bord longitudinal extérieur. En effet, il peut être prévu
35 que la région du bord longitudinal intérieur d'une des pales soit flexible.

Ainsi, la région du bord longitudinal intérieur de la pale peut également se rétracter ou se déployer en fonction de la face, concave ou convexe de la pale qui est opposée au flux d'écoulement du fluide. Dans ce cas, les bords transversaux de la région du bord longitudinal intérieur de la pale ne sont pas
5 non plus fixés aux flasques 11, 12. Ainsi, seuls les bords transversaux d'une région centrale de la pale peuvent être fixés à une ou deux flasques. Il peut également être prévu qu'une des pales présente une région flexible du côté de son bord longitudinal intérieur, tandis qu'une autre des pales présente une région flexible du côté de son bord longitudinal extérieur.

10 L'invention n'est pas non plus limitée à des pales cylindriques, mais couvre également des pales ayant d'autres formes, telles qu'une forme hélicoïdale, notamment pour s'affranchir de variations du couple moteur exercé par chacune des pales durant la rotation du rotor. Dans ce cas, les volets ou les parties flexibles peuvent être divisés en tronçons pouvant se
15 déployer et se rétracter individuellement en fonction du couple moteur ou résistant exercé par le tronçon de pale auquel il est lié. Il est à noter également qu'un rotor à pales hélicoïdales peut être entraîné en rotation même si l'axe de rotation du rotor est disposé suivant la direction d'écoulement du fluide.

20 L'invention couvre également toutes les combinaisons possibles des modes de réalisation décrits et en particulier ceux représentés sur les figures 1, 2, 7A à 7E, 8 et 9.

REVENDEICATIONS

1. Rotor comprenant deux pales (2, 3) tournant autour d'un axe de rotation (X), chaque pale étant configurée pour transmettre à l'axe de rotation, durant un tour de rotation du rotor (1) autour de l'axe de rotation, sous l'effet de l'écoulement d'un fluide, alternativement un couple moteur
5 entraînant en rotation le rotor autour de l'axe de rotation, et un couple résistant tendant à s'opposer à la rotation du rotor autour de l'axe de rotation, caractérisé en ce que chacune des deux pales (2, 3) comprend dans une région d'un bord longitudinal extérieur de la pale, une partie flexible (21, 31) configurée pour se rétracter vers l'intérieur du rotor (1) sans rester
10 plaquée contre une autre des pales du rotor, lorsque la pale transmet le couple résistant à l'axe de rotation (X) du rotor, et pour se déployer vers l'extérieur du rotor, lorsque la pale transmet le couple moteur à l'axe de rotation du rotor, la partie flexible étant entraînée uniquement sous l'effet de l'écoulement du fluide.
- 15
2. Rotor selon la revendication 1, dans lequel la partie flexible (21, 31) présente une largeur comprise entre la 1/6 et une fois le rayon du rotor (1).
3. Rotor selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel au moins
20 une des pales se trouve d'un côté d'un plan passant par un point d'un bord longitudinal intérieur (22, 32) de la pale et l'axe de rotation (X), tandis que la partie flexible (21, 31) de la pale se trouve au moins en partie de l'autre côté de ce plan.
- 25
4. Rotor selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel au moins une des pales (2, 3) comprend une partie rigide et un volet flexible ou rigide et pivotant (21, 31) fixé le long d'un bord longitudinal extérieur (23, 33) de la pale.
- 30
5. Rotor selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel les pales sont disposées autour de l'axe de rotation (X) de manière à ce que des faces concaves des pales soient partiellement en vis-à-vis.

6. Rotor selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel les pales (2, 3) sont jointives le long de l'axe de rotation (X) du rotor (1).

5 7. Rotor selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel au moins une des pales (2, 3) comprend une partie interne rigide entre des bords longitudinaux intérieur (22, 32) et extérieur (23, 33) de la pale, et une partie externe fixée le long du bord longitudinal extérieur de la partie interne, la partie externe étant flexible ou bien rigide et fixée à la partie interne par une liaison flexible.

10

8. Rotor selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel chacune des pales comprend une partie interne rigide présentant dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation (X) un profil courbe, plan ou semi-circulaire.

15

9. Rotor selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel chaque pale (2, 3) comprend une partie centrale rigide, au moins une des pales présentant une partie latérale flexible le long de son bord longitudinal intérieur (22, 32), et au moins une des pales présentant une partie latérale flexible le long de son bord longitudinal extérieur (23, 33).

20

10. Eolienne comprenant un rotor selon l'une des revendications 1 à 9.

25

11. Hydrolienne comprenant un rotor (1) selon l'une des revendications 1 à 9, le rotor étant plongé dans un liquide, l'axe de rotation (X) du rotor étant sensiblement vertical.

30

12. Hydrolienne selon la revendication 11, comprenant un générateur d'électricité (14) couplé au rotor (1) et disposé au dessus du rotor et de la surface du liquide.

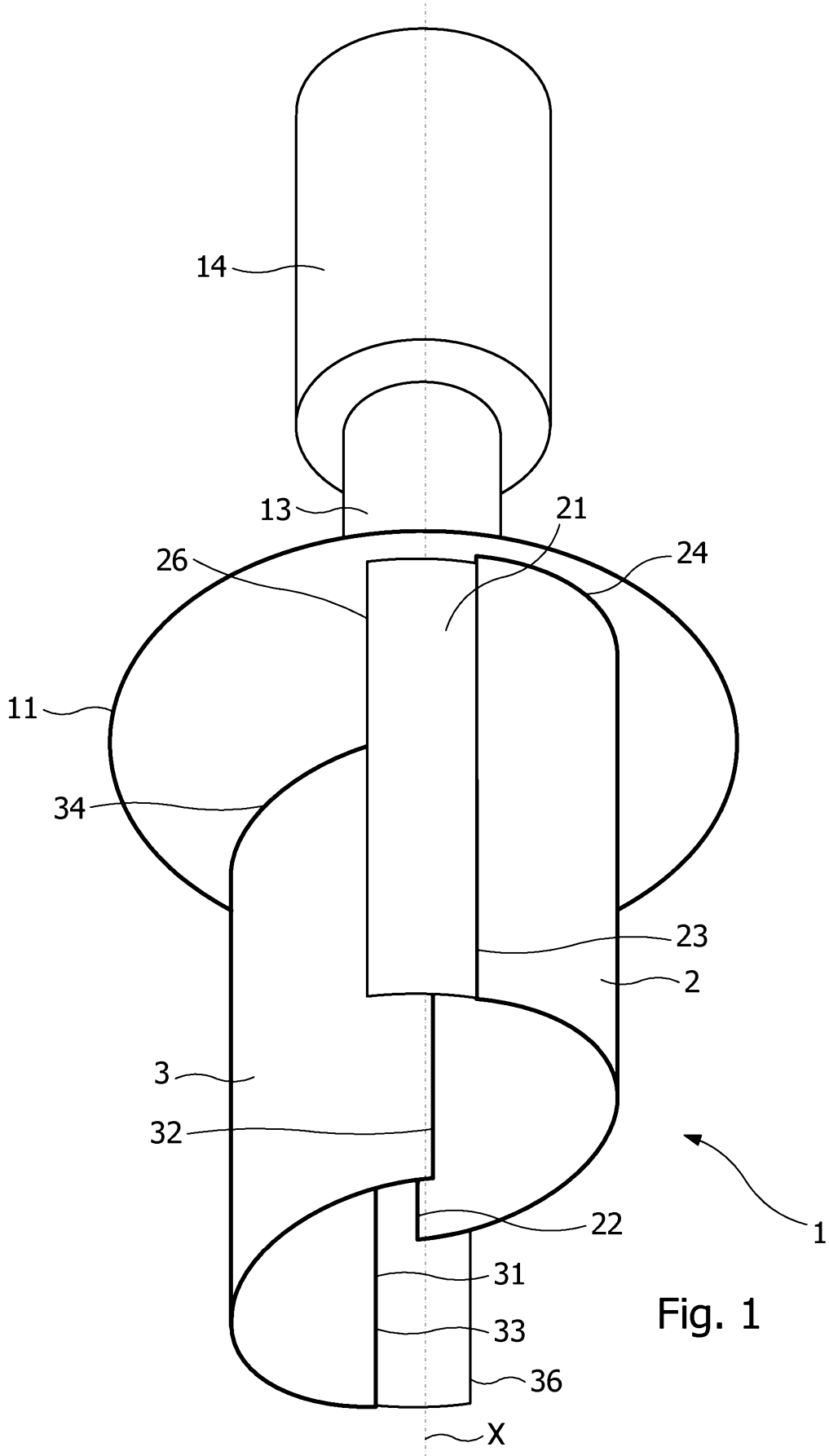


Fig. 1

3/7

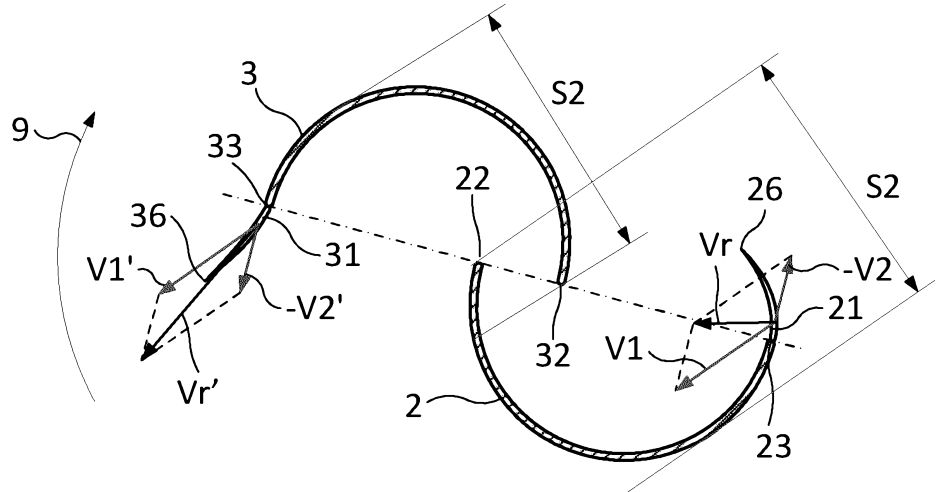


Fig. 4A

Fig. 4B

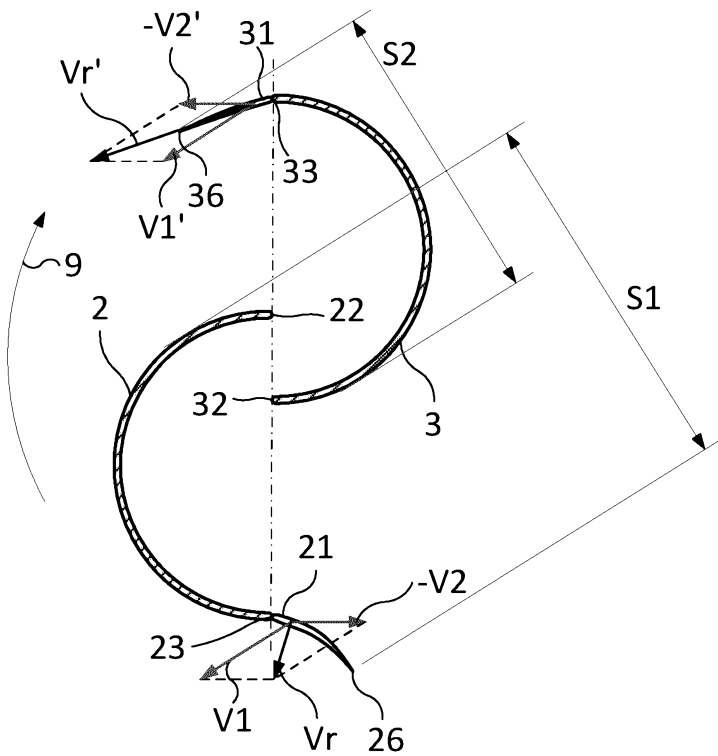
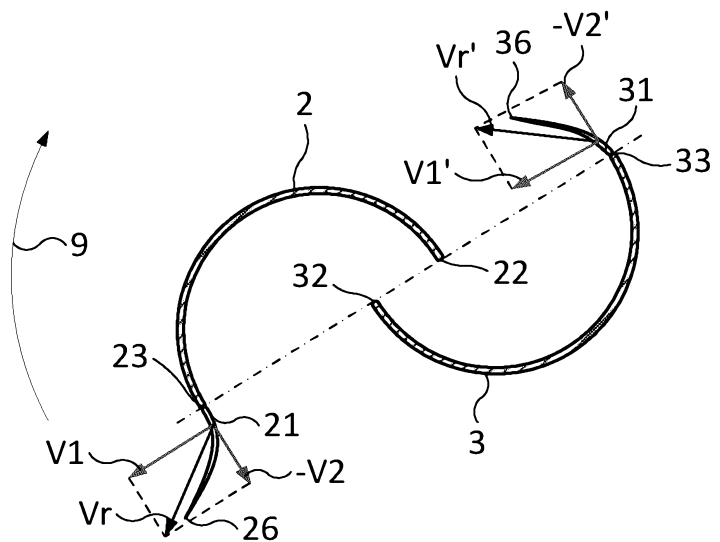


Fig. 4C



5/7

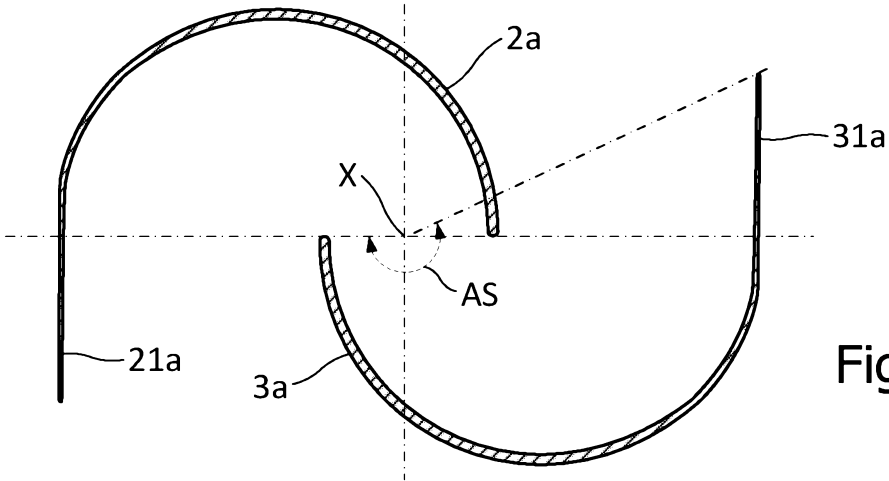


Fig. 7A

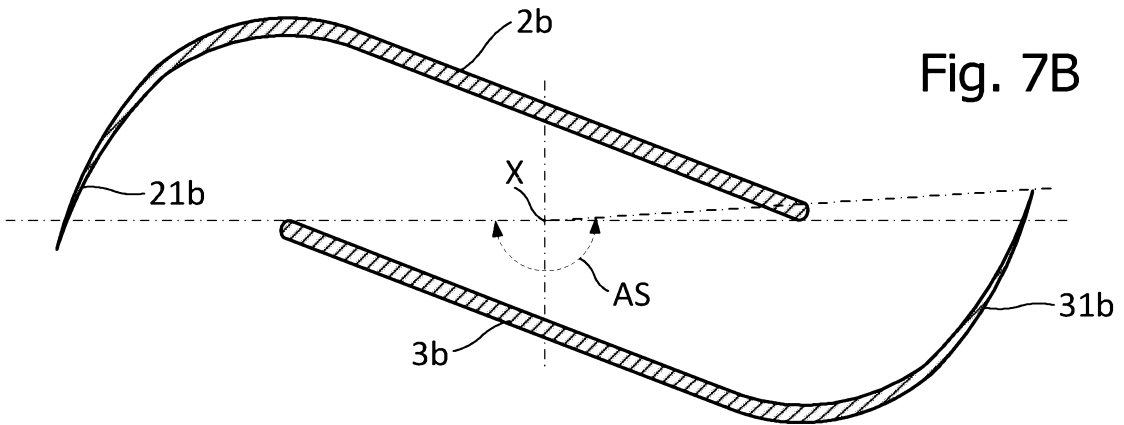


Fig. 7B

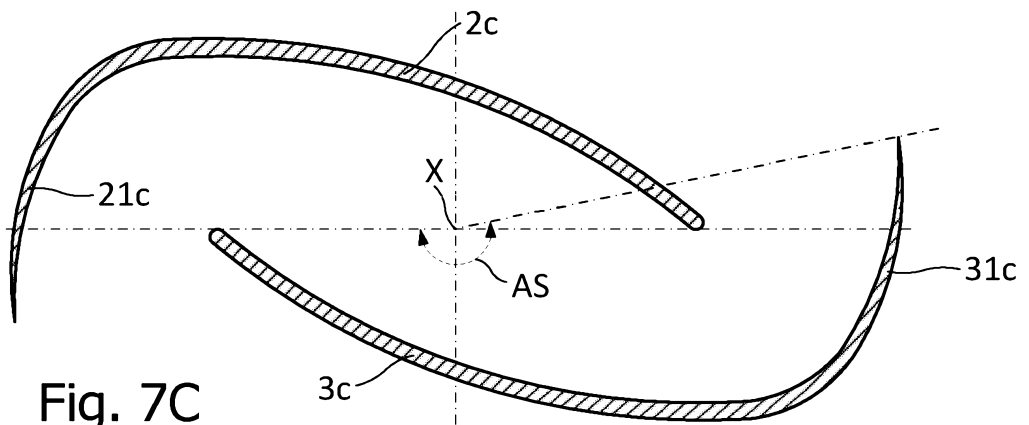
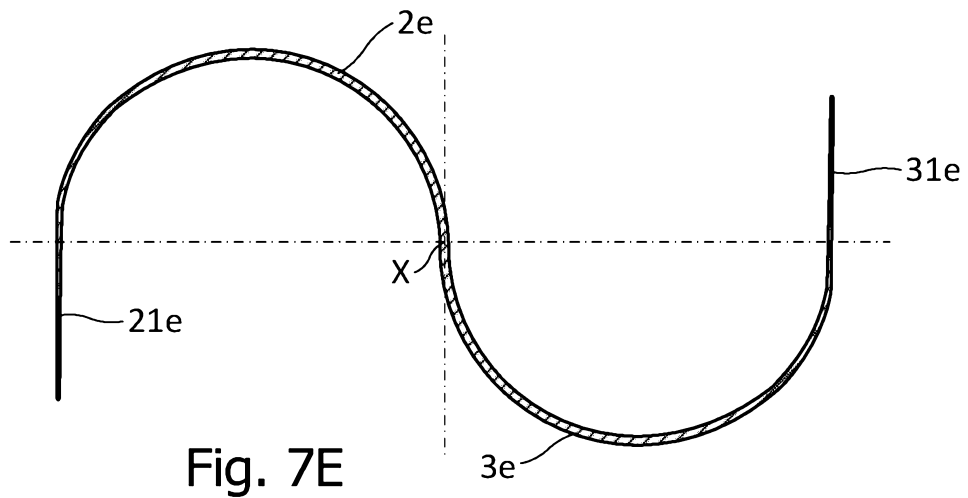
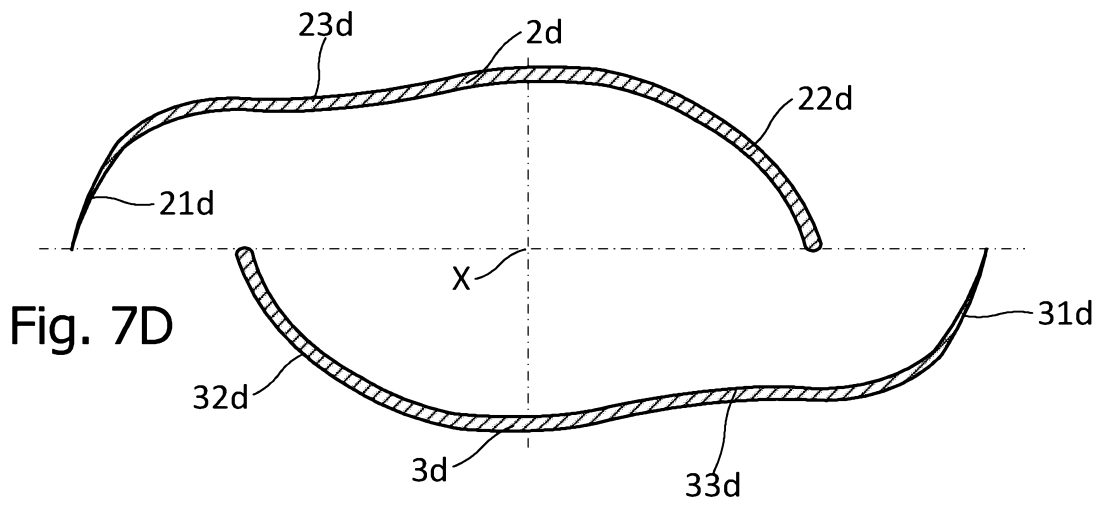


Fig. 7C

6/7



7/7

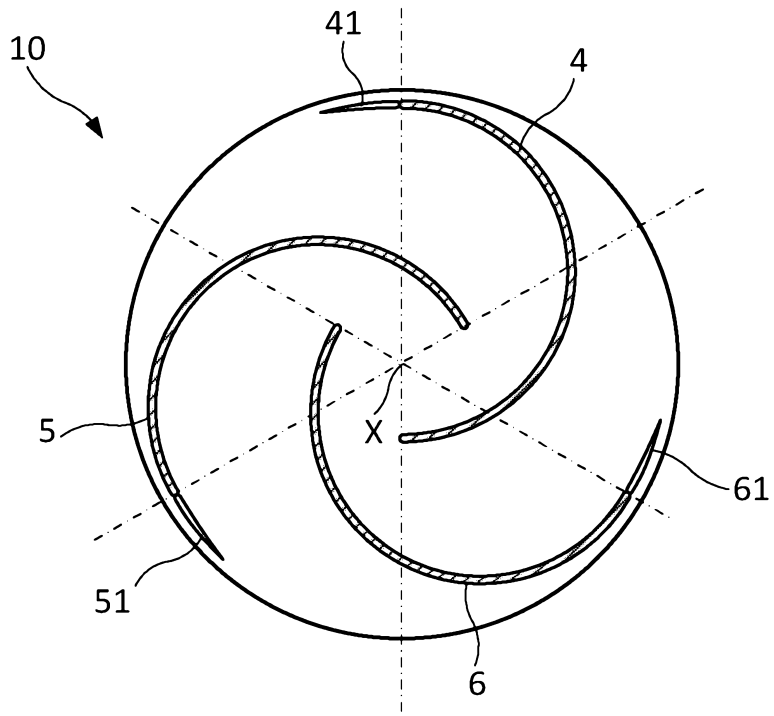


Fig. 8

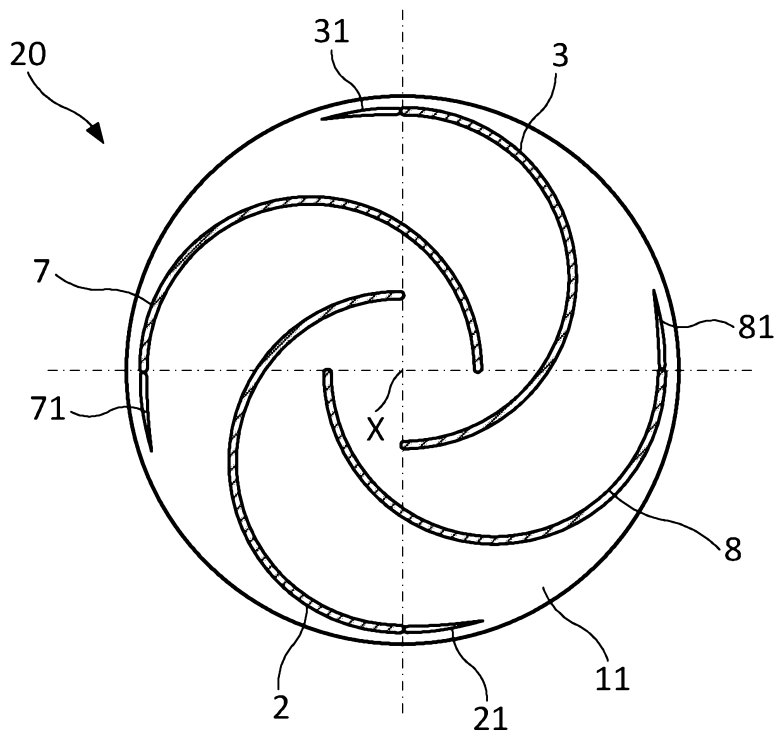


Fig. 9

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

US 4 424 451 A (SCHMIDT FRIEDRICH [US]) 3 janvier 1984 (1984-01-03)

JP 2009 203968 A (TOKYO INST TECH) 10 septembre 2009 (2009-09-10)

WO 2012/117272 A2 (LANGE WILLIAM [US]) 7 septembre 2012 (2012-09-07)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

JP 2009 209728 A (TAKENAKA KOMUTEN CO) 17 septembre 2009 (2009-09-17)

KR 2012 0027335 A (LEE MYUNG HO [KR]) 21 mars 2012 (2012-03-21)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT