

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①① N° de publication :

3 100 835

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

19 10255

⑤① Int Cl⁸ : F 01 D 5/14 (2019.12)

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 17.09.19.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.03.21 Bulletin 21/11.

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

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES
Société par actions simplifiée (SAS) — FR.

⑦② Inventeur(s) : FROSSARD Benoît, André, Pierre,
LABROUSSE Geoffrey, Charles, Bernard, CANDELE
Jérôme, Gilles, Roger, Gaston, Didier et LEJEUNE Alix,
Thomas, Bernard.

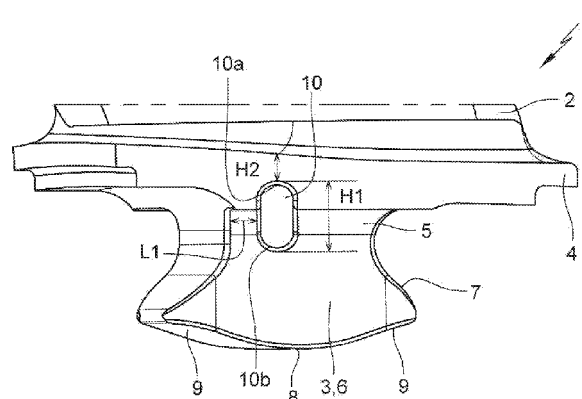
⑦③ Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES Société
par actions simplifiée (SAS).

⑦④ Mandataire(s) : ERNEST GUTMANN-YVES PLASSE-
RAUD SAS.

⑤④ AUBE DE ROTOR POUR UNE TURBOMACHINE.

⑤⑦ L'invention concerne une aube (1) de rotor pour une
turbomachine, comportant une pale (2) s'étendant radiale-
ment, un pied (3) destiné à être monté dans une alvéole
s'étendant tangentiellement et ménagée dans un disque du
rotor, une plate-forme (4) intercalée radialement entre la
pale (2) et le pied (3), caractérisée en ce que le pied (3) et/
ou la plate-forme (4) comportent au moins un évidement
(10) traversant tangentiellement le pied (3) et/ou la plate-
forme (4).

Figure à publier avec l'abrégié : figure 3



FR 3 100 835 - A1



Description

Titre de l'invention : AUBE DE ROTOR POUR UNE TURBOMACHINE

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne une aube de rotor pour une turbomachine, notamment une aube de compresseur haute pression pour un turboréacteur ou un turbopropulseur d'avion.

Etat de la technique antérieure

[0002] Les figures 1 et 2 illustrent une aube 1 de turbomachine conformément à l'art antérieur. De telles aubes sont destinées à être montées en périphérie d'un disque de rotor. Cette aube 1 comporte une pale 2 s'étendant radialement, un pied 3 destiné à être monté dans une alvéole du disque du rotor, et une plate-forme 4 intercalée radialement entre la pale 2 et le pied 3, destinée à délimiter une veine d'écoulement des gaz au sein de la turbomachine.

[0003] Les termes radial, axial et tangentiel sont définis par rapport à l'axe de la turbomachine, qui est également confondu avec l'axe de rotation du rotor ou avec l'axe du disque.

[0004] Le pied 3 comporte une échasse 5 dont l'extrémité radialement externe est reliée à la plate-forme 4, et dont l'extrémité radialement interne est reliée à un bulbe 6. Une telle forme de pied 3 est également appelée forme marteau.

[0005] Le bulbe 6 comporte deux surfaces 7 tournées radialement vers l'extérieur, appelées portées, destinées à venir en appui sur des portées complémentaires de l'alvéole correspondante du disque.

[0006] Il existe actuellement un besoin de pouvoir limiter la masse du rotor, de façon à augmenter notamment les performances de la turbomachine. On notera qu'une masse importante du rotor génère des contraintes mécaniques élevées du fait des efforts centrifuges en jeu.

[0007] L'invention vise à remédier à ce besoin, de manière simple, fiable et peu onéreuse.

Présentation de l'invention

[0008] À cet effet, l'invention concerne une aube de rotor pour une turbomachine, comportant une pale s'étendant radialement, un pied destiné à être monté dans une alvéole s'étendant tangentiellement et ménagée dans un disque du rotor, une plate-forme intercalée radialement entre la pale et le pied, caractérisée en ce que le pied et/ou la plate-forme comportent au moins un évidement traversant tangentiellement le pied et/ou la plate-forme.

[0009] Le pied et/ou la plate-forme peuvent comporter un unique évidement traversant tangentiellement le pied et/ou la plate-forme.

- [0010] La direction axiale correspond également à l'axe de rotation du rotor.
- [0011] La présence d'un évidement permet de réduire la masse de l'aube en localisant l'évidement dans une zone soumise à des contraintes mécaniques et thermiques plus faibles. Un tel gain de masse permet par ailleurs de limiter les efforts centrifuges apparaissant en fonctionnement. Une telle structure d'aube permet un gain de masse d'environ 10%, tout en assurant des performances mécaniques équivalentes.
- [0012] Un rotor comportant de nombreuses aubes, une telle structure permet de réduire de façon sensible la masse d'un rotor.
- [0013] Le pied peut comporter une échasse et un bulbe, l'échasse comportant une extrémité radialement externe reliée à la plate-forme et une extrémité radialement interne reliée au bulbe, l'échasse présentant une dimension minimale dans la direction axiale, ou largeur, qui est inférieure à la dimension axiale du bulbe, l'évidement étant ménagé dans l'échasse du pied et/ou dans la plate-forme.
- [0014] L'évidement peut présenter une section de forme oblongue, s'étendant dans la direction radiale.
- [0015] En fonctionnement, l'aube est soumise à un effort de traction orienté radialement de l'intérieur vers l'extérieur, c'est-à-dire orienté dans la direction opposée à l'axe de rotation du rotor de la turbomachine. Cet effort de traction est dû aux forces centrifuges apparaissant lors de la rotation du rotor. L'orientation radiale de la section oblongue permet de limiter la perturbation liée à cette sollicitation en traction. Une telle forme est par ailleurs facilement réalisable, par exemple par usinage.
- [0016] La dimension radiale entre la surface radialement externe de la plate-forme et l'extrémité radialement externe de l'évidement est comprise entre 50 et 80%, de préférence entre 60 et 70% de la dimension radiale ou hauteur de la plate-forme.
- [0017] La dimension radiale de l'évidement, ou hauteur de l'évidement, peut être comprise entre 2 et 5 fois la dimension radiale précitée entre la surface externe de la plate-forme et l'évidement, par exemple égale à 3 fois ladite dimension.
- [0018] La dimension axiale de la section oblongue de l'évidement, ou largeur de l'évidement, peut être comprise entre 10 et 30%, de préférence entre 15 et 25 % de la largeur de l'échasse.
- [0019] Les extrémités radialement interne et externe de l'évidement peuvent être arrondies.
- [0020] L'évidement peut être rectiligne et s'étendre dans une direction formant un angle avec la direction tangentielle d'extension du pied.
- [0021] Outre l'effort de traction évoqué précédemment, l'aube est également soumise à un effort de flexion induit par la pression aérodynamique que subit la pale. Dans le cas où l'évidement est incliné selon la direction de la résultante de l'effort de flexion, il est alors possible de limiter l'impact de la présence de l'évidement sur la reprise de l'effort de flexion par l'aube.

- [0022] Le pied d'aube peut comporter deux surfaces planes appelées portées, situées de part et d'autre d'un plan médian, au niveau du bulbe. Chaque portée est destinée à venir en appui sur une portée complémentaire de l'alvéole correspondante du disque.
- [0023] La direction tangentielle peut également être définie comme étant l'axe d'intersection des plans des portées de l'aube.
- [0024] Ledit angle peut être compris entre 10 et 30°, de préférence entre 15 et 20°.
- [0025] Bien entendu, cet angle peut varier en fonction notamment de la forme de la pale, et donc de l'orientation de l'effort de flexion résultant sur l'aube.
- [0026] L'évidement peut être symétrique par rapport à un axe radial passant par le centre de la section de l'échasse.
- [0027] Une telle symétrie permet d'éviter tout phénomène de déséquilibre de l'aube.
- [0028] La distance axiale minimale entre chaque extrémité tangentielle de l'évidement et chaque bord axial de l'échasse peut au moins être égale à 20% de la largeur de l'échasse.
- [0029] L'extrémité radialement interne de l'aube peut comporter une surface présentant une zone centrale de forme convexe et deux zones latérales de forme concave, situées axialement de part et d'autre de la zone centrale.
- [0030] Une telle structure permet de réduire la masse du pied d'aube en ajustant la forme du pied dans les zones peu sollicitées.
- [0031] L'invention concerne également un compresseur haute pression de turbomachine comportant un rotor comprenant un disque sur lequel sont montées des aubes du type précité.

Brève description des figures

- [0032] [fig.1] est une vue de face d'une aube mobile de l'art antérieur ;
- [0033] [fig.2] est une vue en perspective du pied et de la plate-forme de l'aube de l'art antérieur ;
- [0034] [fig.3] est une vue en perspective du pied et de la plate-forme d'une aube selon une forme de réalisation de l'invention ;
- [0035] [fig.4] est une vue de dessous de l'aube ;
- [0036] [fig.5] est une vue de face du pied et de la plate-forme de l'aube.

Description détaillée de l'invention

- [0037] Les figures 3 à 5 représentent une aube mobile 1 de turbomachine selon une forme de réalisation de l'invention, en particulier une aube de compresseur haute pression.
- [0038] Comme précédemment, l'aube 1 comporte une pale 2 s'étendant dans une direction dite radiale, ladite pale 2 comprenant une surface d'intrados et une surface d'extrados reliées à l'amont par un bord d'attaque et à l'aval par un bord de fuite.
- [0039] Les termes amont et aval sont définis par rapport au sens du flux de gaz au sein de la

turbomachine.

- [0040] Par ailleurs, les termes radial, axial et tangentiel sont définis par rapport à l'axe de la turbomachine, qui est également confondu avec l'axe de rotation du rotor ou avec l'axe du disque.
- [0041] L'aube 1 comporte en outre un pied 3 et une plate-forme 4 intercalée radialement entre la pale 2 et le pied 3. La plate-forme 4 est destinée à délimiter une veine d'écoulement des gaz au sein de la turbomachine. Le pied 3 est destiné à être monté dans une alvéole du disque du rotor.
- [0042] Le pied 3 comporte une échasse 5 dont l'extrémité radialement externe est reliée à la plate-forme 4, et dont l'extrémité radialement interne est reliée à un bulbe 6 unique. Une telle forme de pied 3 est également appelée forme marteau.
- [0043] Le bulbe 6 comporte deux surfaces planes 7 tournées radialement vers l'extérieur, appelées portées, destinées à venir en appui sur des portées complémentaires de l'alvéole correspondante du disque. Les portées 7 sont obliques par rapport à un plan perpendiculaire à la direction radiale, comme cela est connu en soi.
- [0044] La surface radialement interne du pied, et en particulier du bulbe 6, comporte une zone centrale 8 de forme convexe et deux zones latérales 9 de forme concave, situées axialement de part et d'autre de la zone centrale. Les zones 8 et 9 sont reliées l'une à l'autre de façon continue et sans rupture de pente.
- [0045] Un évidement 10 est ménagé dans l'échasse 5 et dans la plate-forme 4, cet évidement 10 traversant tangentiellement le pied 3 et/ou la plate-forme 4.
- [0046] L'évidement 10 est rectiligne et s'étend dans une direction A (figure 4) formant un angle α avec la direction tangentielle X d'extension du pied. La direction X peut être définie comme étant l'axe d'intersection des plans des portées 7 de l'aube 1.
- [0047] L'angle α est compris entre 10 et 30°, de préférence entre 15 et 20°.
- [0048] La direction d'extension A de l'évidement 10 correspond en particulier à la direction de la résultante de l'effort de flexion évoqué ci-dessus.
- [0049] L'évidement 10 est symétrique par rapport à un axe radial Z (figure 4) passant par le centre de la section de l'échasse 5. Par ailleurs, les extrémités radialement externe 10a et interne 10b (figure 3) de l'évidement 10 sont arrondies.
- [0050] On définit les dimensions suivantes, en référence aux figures 3 et 5 :
- soit D1 la dimension minimale de l'échasse 5 dans la direction axiale, appelée largeur de l'échasse 5 ;
 - soit E la dimension radiale moyenne ou épaisseur moyenne de la plate-forme 4 ;
 - soit D2 la dimension de l'évidement 10 dans la direction axiale, appelée largeur de l'évidement 10 ;
 - soit H1 la dimension radiale de l'évidement 10, appelée hauteur de l'évidement 10 ;
 - soit H2 la dimension radiale entre la surface radialement externe de la plate-forme 4

et l'extrémité radialement externe de l'évidement 10 ;

- soit L1 et L2 les dimensions axiales entre chaque extrémité tangentielle de l'évidement 10 et le bord adjacent de l'échasse 5.

- [0051] L1 peut être égale à L2 et peut être comprise entre 15 et 30 %, de préférence entre 20 et 25 % de la largeur D1 de l'échasse 5.
- [0052] D2 peut être comprise entre 10 et 30 %, de préférence entre 15 et 25 % de la largeur D1 de l'échasse 5.
- [0053] H2 peut être comprise entre 50 et 80%, de préférence entre 60 et 70%, de l'épaisseur E de la plate-forme 4.
- [0054] H1 peut être comprise entre 2 et 5 fois la dimension H2, par exemple égale à 3 fois la dimension H2.
- [0055] La présence de l'évidement 10 permet de réduire la masse de l'aube 1 en localisant l'évidement 10 dans une zone soumise à des contraintes mécaniques et thermiques plus faibles. Un tel gain de masse permet par ailleurs de limiter les efforts centrifuges apparaissant en fonctionnement. Une telle structure d'aube 1 permet un gain de masse d'environ 10%, tout en assurant des performances mécaniques équivalentes à une aube de l'art antérieur.

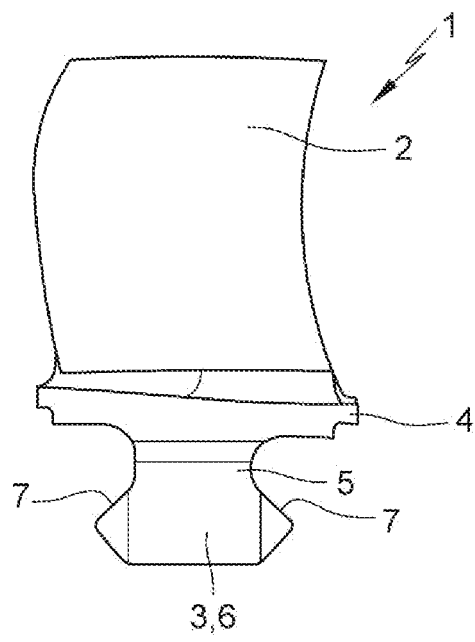
Revendications

- [Revendication 1] Aube (1) de rotor pour une turbomachine, comportant une pale (2) s'étendant radialement, un pied (3) destiné à être monté dans une alvéole s'étendant tangentielllement et ménagée dans un disque du rotor, une plate-forme (4) intercalée radialement entre la pale (2) et le pied (3), caractérisée en ce que le pied (3) et/ou la plate-forme (4) comportent au moins un évidement (10) traversant tangentielllement le pied (3) et/ou la plate-forme (4).
- [Revendication 2] Aube (1) selon la revendication 1, caractérisée en ce que le pied (3) comporte une échasse (5) et un bulbe (6), l'échasse (5) comportant une extrémité radialement externe reliée à la plate-forme (4) et une extrémité radialement interne reliée au bulbe (6), l'échasse (5) présentant une dimension minimale (D1) dans la direction axiale, ou largeur, qui est inférieure à la dimension axiale du bulbe (6), l'évidement (10) étant ménagé dans l'échasse (5) du pied (3) et/ou dans la plate-forme (4).
- [Revendication 3] Aube (1) selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que l'évidement (10) présente une section de forme oblongue, s'étendant dans la direction radiale.
- [Revendication 4] Aube (1) selon la revendication 3, caractérisée en ce que la dimension radiale (H2) entre la surface radialement externe de la plate-forme (4) et l'extrémité radialement externe (10a) de l'évidement (10) est comprise entre 50 et 80%, de préférence entre 60 et 70% de la dimension radiale ou épaisseur (E) de la plate-forme (4).
- [Revendication 5] Aube (1) selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que l'évidement (10) est rectiligne et s'étend dans une direction (A) formant un angle (α) avec la direction tangentielle d'extension (X) du pied (3).
- [Revendication 6] Aube (1) selon la revendication 5, caractérisée en ce que ledit angle (α) est compris entre 10 et 30°, de préférence entre 15 et 20°.
- [Revendication 7] Aube (1) selon les revendications 2 et 6, caractérisée en ce que l'évidement (10) est symétrique par rapport à un axe radial (Z) passant par le centre de la section de l'échasse (5).
- [Revendication 8] Aube (1) selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que la distance axiale minimale (L1, L2) entre chaque extrémité tangentielle de l'évidement (10) et chaque bord axial de l'échasse (5) est au moins égale à 20% de la largeur (D1) de l'échasse (5).
- [Revendication 9] Aube (1) selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que l'extrémité radialement interne de l'aube (1) comporte une surface

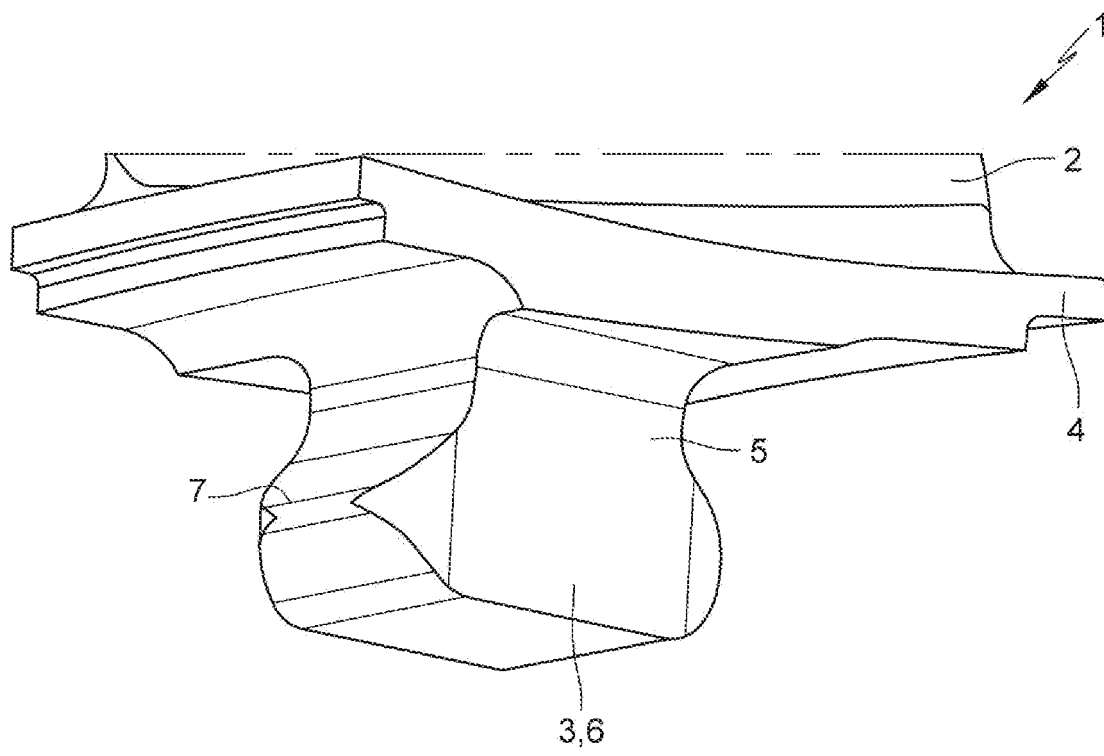
présentant une zone centrale (8) de forme convexe et deux zones latérales (9) de forme concave, situées axialement de part et d'autre de la zone centrale (8).

[Revendication 10] Compresseur haute pression de turbomachine comportant un rotor comprenant un disque sur lequel sont montées des aubes (1) selon l'une des revendications 1 à 9.

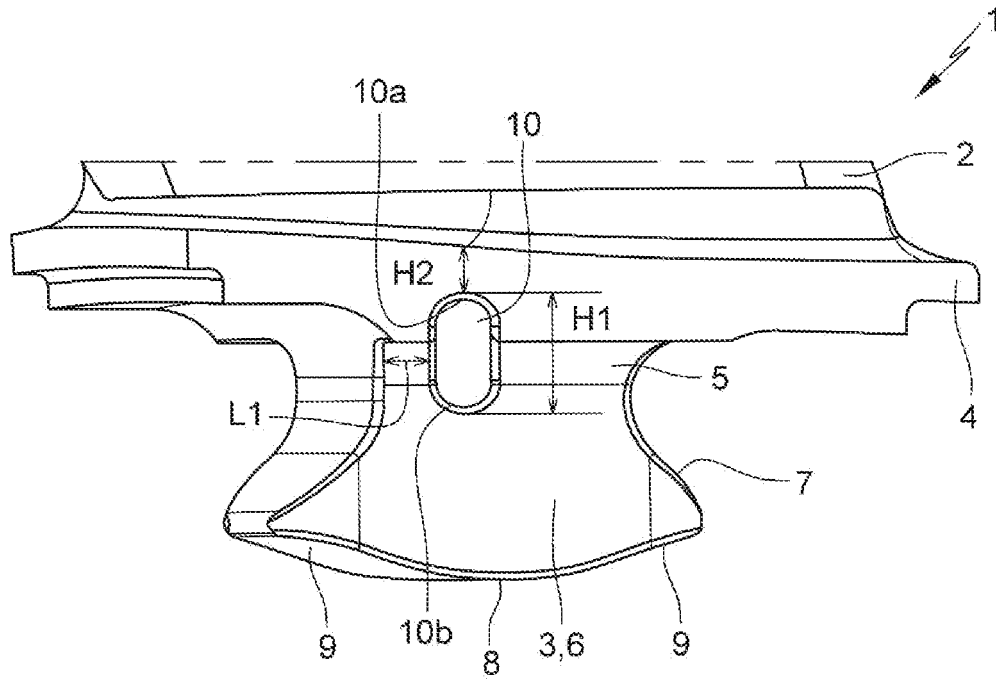
[Fig. 1]



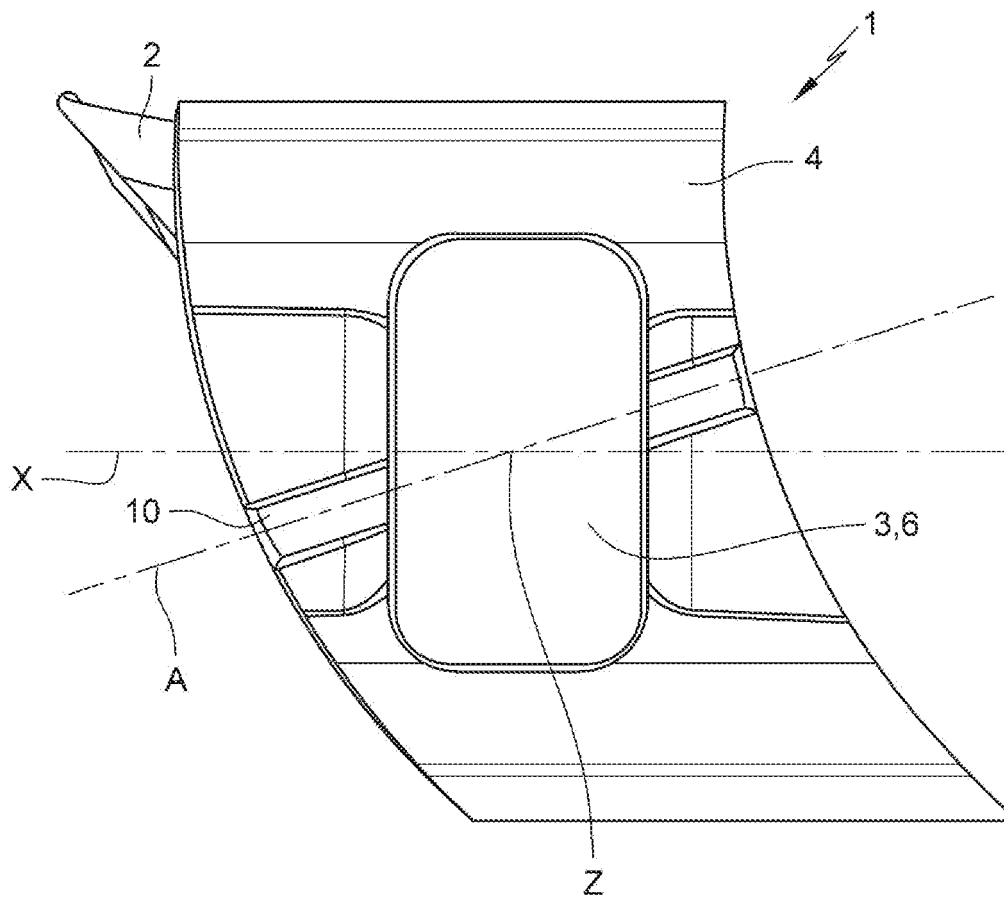
[Fig. 2]



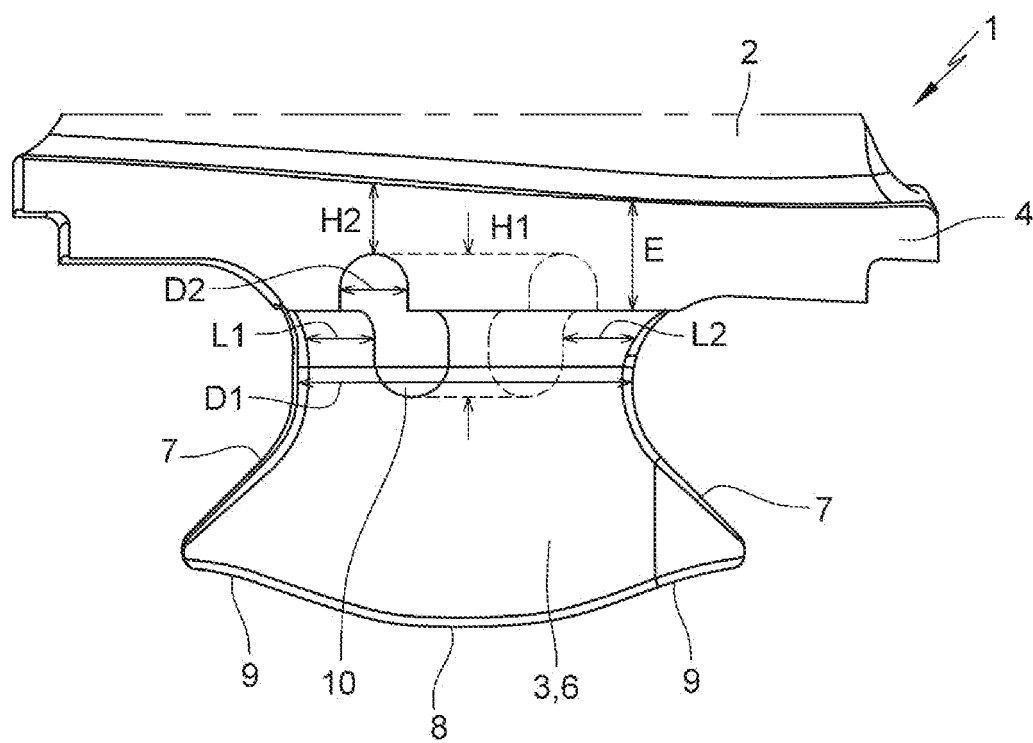
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 873299
FR 1910255

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 1 724 442 A1 (SIEMENS AG [DE]) 22 novembre 2006 (2006-11-22) * alinéas [0021], [0027], [0030]; figures 1,3 *	1-5,7,8, 10	F01D5/14
X	EP 1 426 553 A1 (TECHSPACE AERO SA [BE]) 9 juin 2004 (2004-06-09) * alinéas [0003], [0005], [0009], [0011], [0012], [0023], [0024]; revendication 1; figures 2,3a,3d,3e *	1,2,5, 7-10	
X	WO 2005/054682 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]; BACHOFNER RENE [CH] ET AL.) 16 juin 2005 (2005-06-16) * page 5, lignes 10-19; figure 2 *	1-3,5, 7-10	
X	CH 702 203 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 13 mai 2011 (2011-05-13) * alinéa [0035]; figures 4-6 *	1-3,5,7, 8,10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F01D F04D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
15 avril 2020		Teusch, Reinhold	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention 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. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1910255 FA 873299**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **15-04-2020**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1724442	A1	22-11-2006	AUCUN	

EP 1426553	A1	09-06-2004	AUCUN	

WO 2005054682	A1	16-06-2005	CA 2548642 A1	16-06-2005
			DE 10357134 A1	30-06-2005
			EP 1690011 A1	16-08-2006
			US 2006228216 A1	12-10-2006
			WO 2005054682 A1	16-06-2005

CH 702203	A1	13-05-2011	AUCUN	
