

⑫ **BREVET D'INVENTION** **B1**

⑤④ Joint d'étanchéité de turbomachine.

②② Date de dépôt : 23.03.23.

③⑦ Priorité :

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

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

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 27.09.24 Bulletin 24/39.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 21.03.25 Bulletin 25/12.

⑦② Inventeur(s) : LEMONNIER Jérôme, Claude,
George, BOISNAULT Franck, Davy, TOUCHARD
Delphine et LESAINE Jean-Marc, Michel.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

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

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.



Description

Titre de l'invention : Joint d'étanchéité de turbomachine

Domaine technique

[0001] Le présent exposé concerne les dispositifs d'étanchéité pour les turbomachines aéronautiques et plus précisément des joints d'étanchéité.

Technique antérieure

[0002] La conception des circuits de ventilation d'une turbomachine aéronautique est délicate et représente une perte potentielle de performance.

[0003] En effet, la turbomachine est d'autant plus performante qu'elle fonctionne à haute température. Cependant, les matériaux la constituant nécessitent alors un refroidissement plus important. Le refroidissement est généralement réalisé par prélèvement d'une partie de l'air de la veine d'air froid, ce qui nuit à la performance générale.

[0004] En outre, le circuit de refroidissement impose de réaliser une architecture complexe pour permettre à l'air de refroidissement d'atteindre les aubes à refroidir depuis l'endroit où il est prélevé.

[0005] Afin d'assurer que le circuit d'air ne soit pas alimenté par plus d'air de refroidissement que nécessaire, et ne nuise donc pas outre mesure à la performance de la turbomachine, il est généralement disposé des joints d'étanchéité à labyrinthes aux endroits de prélèvement d'air.

[0006] De tels joints d'étanchéité permettent d'assurer un passage d'air contrôlé aux endroits où ils sont disposés. L'architecture classique des joints d'étanchéité à labyrinthes comprend des léchettes disposées face à des éléments abrasables qui présentent une structure alvéolaire de type nids d'abeilles.

[0007] Ce type de joint d'étanchéité présente néanmoins pour désavantage que l'usure des léchettes par frottement contre les éléments abrasables augmente le jeu du joint d'étanchéité à l'échelle de la durée de vie du joint d'étanchéité, et permet ainsi un passage d'air plus grand, ce qui conduit in fine à un trop grand prélèvement d'air et donc à une perte de performance de la turbomachine.

[0008] Il est parfois proposé des alternatives à de tels joints d'étanchéité à labyrinthes.

[0009] Par exemple, il est proposé des joints d'étanchéité auto-adaptatifs parfois dit hydrostatiques dans la littérature.

[0010] De tels joints d'étanchéité proposent de former un joint en disposant une surface principale du joint d'étanchéité qui comprend des motifs en regard d'une autre surface, en rotation par rapport la surface principale et séparée de celle-ci par un jeu prédéfini.

[0011] Il est entendu que l'étanchéité mise en jeu ici n'est pas une étanchéité stricte au sens où l'air ne pourrait pas passer le joint d'étanchéité, mais une étanchéité relative, le but

du joint d'étanchéité étant de laisser passer une quantité d'air définie, quantifiée par le jeu prédéfini.

[0012] Le joint d'étanchéité est dit auto-adaptatif car la surface comprenant les motifs interagit avec le flux d'air incident de telle sorte que :

- si le jeu diminue, la pression de l'air entre la surface du joint et la surface en regard augmente, de sorte à repousser le joint d'étanchéité et le ramener ainsi au jeu prédéfini ; et

- si le jeu augmente, la pression de l'air entre la surface du joint et la surface en regard diminue, de sorte qu'un élément de rappel relié au joint d'étanchéité permette de ramener le joint d'étanchéité au jeu prédéfini.

[0013] Il faut toutefois noter que l'utilisation de tels joints est actuellement limité par le fait que le contact entre la surface principale du joint et la surface en regard doit être évité en toute circonstance, et en particulier même en comportement inhabituel, limite ou accidentel.

[0014] Le fonctionnement actuel ne permet donc pas de réaliser des joints d'étanchéité auto-adaptatifs qui permettent un jeu plus faible que le demi-millimètre, alors que les joints d'étanchéité auto-adaptatifs sont une alternative enviable aux joints d'étanchéité à labyrinthes, et c'est pourquoi il demeure un besoin pour de tels joints d'étanchéité qui pourraient être utilisés avec un jeu plus faible que les joints auto-adaptatifs actuels.

Exposé de l'invention

[0015] L'invention vise précisément à répondre à ce besoin. Elle propose pour cela d'améliorer le comportement de l'élément de rappel des joints d'étanchéité auto-adaptatifs existants.

[0016] L'invention concerne, selon un premier de ses aspects un joint d'étanchéité configuré pour assurer un jeu prédéfini entre ledit joint d'étanchéité et une surface externe d'un rotor monté rotatif autour d'un axe A disposée en regard du joint d'étanchéité, le joint d'étanchéité s'étendant circonférentiellement autour de l'axe A, l'axe A définissant une direction axiale, et comprenant une pluralité de secteurs de joint d'étanchéité répartis circonférentiellement autour de l'axe A, chaque secteur de joint d'étanchéité comprenant un secteur d'anneau interne formant le joint d'étanchéité relié à un secteur d'anneau externe par un organe de rappel,

le joint d'étanchéité étant caractérisé en ce que l'organe de rappel comprend au moins un bras de rappel comprenant :

- une portion d'attache externe qui s'étend radialement et qui est reliée au secteur d'anneau externe ;

- une première branche s'étendant circonférentiellement et reliée à la portion par un coude externe ;

- une deuxième branche s'étendant circonférentiellement, la deuxième branche étant reliée à la première branche par un coude intermédiaire ;
- une portion d'attache interne qui s'étend radialement et qui est reliée au secteur d'anneau interne et reliée à la deuxième branche par un coude interne, et dans lequel le coude interne est agencé circonférentiellement entre le coude externe et le coude intermédiaire.

- [0017] Un tel joint d'étanchéité possède un organe de rappel différent de ceux proposés dans l'art antérieur.
- [0018] Les inventeurs ont mis au point une architecture de l'organe de rappel qui permet une excellente réactivité du secteur de joint d'étanchéité qu'il supporte. Cela permet de diminuer le jeu du joint d'étanchéité sans risque que le joint d'étanchéité entre en contact avec la surface externe, même dans des situations inhabituelles, accidentelles ou complexes.
- [0019] En effet, l'organe de rappel décrit permet un meilleur asservissement du joint d'étanchéité et notamment une réactivité accrue. Ainsi, une variation de la position de la surface interne du joint d'étanchéité lorsque celle-ci bouge relativement à la surface externe du rotor est obtenue beaucoup plus rapidement qu'avec des organes de rappel de l'art antérieur.
- [0020] Cette réactivité accrue du secteur de joint d'étanchéité assure que l'on puisse diminuer le jeu prédéfini du joint d'étanchéité, comparativement aux joints d'étanchéité de l'art antérieur, sans risque que la surface externe du rotor n'entre en contact avec le joint d'étanchéité.
- [0021] Il est entendu que le jeu prédéfini est un jeu « cible », et qu'il est possible que le jeu varie légèrement autour de la valeur de jeu prédéfini dans des conditions d'utilisation du joint d'étanchéité. Lorsque le joint d'étanchéité est dans sa position d'équilibre, le jeu prédéfini permet d'assurer que le flux d'air traversant le joint d'étanchéité soit le flux d'air souhaité. Toutefois, si le jeu augmente ou diminue, l'ensemble du joint d'étanchéité sera ramené au jeu prédéfini par le comportement de ressort des secteurs d'anneau internes assuré par les organes de rappel ou par la surpression qui apparaît alors sous la surface interne du joint d'étanchéité.
- [0022] Dans un mode de réalisation, l'axe A du joint d'étanchéité peut être l'axe principal d'une turbomachine.
- [0023] Il est entendu par « agencé circonférentiellement entre » que, dans une projection dans un plan perpendiculaire à l'axe A, le coude interne est projeté entre le coude externe et le coude intermédiaire.
- [0024] Dans un mode de réalisation, l'épaisseur du bras est en tout point supérieure ou égale à 0,5 mm, voire supérieure ou égale à 0,7 mm, par exemple comprise entre 0,7 mm et 3 mm.

- [0025] L'épaisseur du bras peut encore s'entendre comme sa plus petite dimension en tout point de celui-ci, dans un plan perpendiculaire à l'axe A.
- [0026] Le choix de l'épaisseur permet de modifier la raideur de l'organe de rappel, et les inventeurs ont constaté qu'une telle épaisseur du bras permet d'assurer à l'organe de rappel une excellente raideur.
- [0027] Dans un mode de réalisation, l'épaisseur du bras est constante.
- [0028] Dans un mode de réalisation, la largeur du bras est supérieure ou égale à 15 mm.
- [0029] La largeur du bras s'entend comme l'étendue minimale de ce dernier dans la direction axiale.
- [0030] De préférence, la largeur du bras est comprise entre 50 % et 90 % de la largeur du secteur de joint d'étanchéité.
- [0031] Ce mode de réalisation permet d'assurer que l'organe de rappel contraigne le secteur de joint d'étanchéité sur une majorité de sa largeur et évite ainsi qu'une extrémité axiale du joint d'étanchéité soit plus proche de la surface externe que l'autre.
- [0032] Dans le cas où l'organe de rappel comprend plus d'un bras, la largeur du bras est alors définie comme la somme des largeurs des différents bras.
- [0033] Dans un mode de réalisation, la largeur du bras est constante.
- [0034] Comme décrit, l'organe de rappel comprend une première et une deuxième branche s'étendant circonférentiellement.
- [0035] Il est entendu par « s'étendant circonférentiellement » que la longueur d'une branche dans le repère cylindrique formé par les directions axiale, circonférentielle et radiale comprend une projection dans la direction circonférentielle plus importante que dans les directions axiale ou radiale.
- [0036] Il sera entendu de même pour les locutions « s'étendant axialement » ou « s'étendant radialement ».
- [0037] Par exemple, en tout point d'une branche, l'angle formé par la branche avec la direction circonférentielle peut être inférieur ou égal à 30°, voire inférieur ou égal à 20°, mieux inférieur ou égal à 10°.
- [0038] La branche n'est toutefois pas nécessairement alignée avec la direction circonférentielle du fait de son poids, de sa retenue par la portion d'attache interne ou externe, et c'est pourquoi elle est définie comme « s'étendant circonférentiellement ».
- [0039] Par similarité, il est entendu la même chose pour les portions d'attache s'étendant dans une direction dite « s'étendant radialement ».
- [0040] Par exemple, en tout point d'une portion d'attache, l'angle formé par une portion d'attache avec la direction radiale peut être inférieur ou égal à 30°, voire inférieur ou égal à 20°, mieux inférieur ou égal à 10°.
- [0041] Dans un mode de réalisation, la longueur de la première branche est supérieure ou égale à 20,0 mm.

- [0042] Dans un mode de réalisation, la deuxième branche a une longueur inférieure à la longueur de la première branche.
- [0043] Ce mode de réalisation permet d'assurer par construction géométrique que le coude interne soit agencé circonférentiellement entre le coude externe et le coude intermédiaire.
- [0044] Dans un mode de réalisation, la longueur de la deuxième branche est comprise entre 50 % et 90 % de la longueur de la première branche.
- [0045] Dans un mode de réalisation, le rayon de raccordement du coude interne peut être supérieur ou égal à 1,0 mm, voire supérieure ou égal à 1,5 mm, voire supérieur ou égal à 1,65 mm.
- [0046] Le « rayon de raccordement » d'un coude s'entend comme le plus rayon du plus petit cercle dans lequel s'inscrit l'intégralité du coude.
- [0047] Les valeurs proposées pour les modes de réalisation préférés représentent des optimums des différentes dimensions identifiés par les inventeurs pour parvenir à un organe de rappel encore plus satisfaisant.
- [0048] Plus précisément, la raideur de l'organe de rappel est contrôlée conjointement par plusieurs paramètres, notamment l'épaisseur du bras, sa largeur, la longueur de la première ou de la deuxième branche.
- [0049] Les valeurs indiquées permettent de parvenir à une raideur satisfaisante de l'organe de rappel pour pouvoir diminuer le jeu prédéfini tout en tenant également compte des problématique de poids ou d'encombrement à considérer pour une application aéronautique.
- [0050] Un organe de rappel l'invention permet en effet un gain de poids pouvant aller jusque 15% comparativement aux organes de rappel de l'art antérieur.
- [0051] Dans un mode de réalisation, le jeu prédéfini du joint d'étanchéité peut être compris entre 0,1 et 1,0 mm voire entre 0,5 mm et 1,0 mm.
- [0052] Ce jeu est bien plus faible que ceux accessibles pour les joints d'étanchéité auto-adaptatifs de l'art antérieur, mais qui est accessible grâce aux organes de rappel décrits.
- [0053] Dans un mode de réalisation, l'angle formé entre la direction d'extension radiale de la portion d'attache externe et la direction d'extension radiale de la portion d'attache interne est supérieur ou égale à 5°.
- [0054] Comme décrit plus haut, le coude interne est agencé circonférentiellement entre le coude externe et le coude intermédiaire, ce qui permet d'assurer qu'il n'y ait pas de contact entre le coude interne et le coude externe.
- [0055] Les valeurs données pour l'angle permettent de rendre un tel contact encore plus improbable, dans tous les modes de sollicitation de l'organe de rappel.
- [0056] Dans un mode de réalisation, la distance mesurée dans la direction radiale entre la première branche et le secteur d'anneau externe peut être supérieure ou égale à 1,0

mm.

- [0057] Dans un mode de réalisation, la distance mesurée dans la direction radiale entre la première branche et la deuxième branche peut être supérieure ou égale à 1,0 mm.
- [0058] Dans un mode de réalisation, la distance mesurée dans la direction radiale entre la deuxième branche et le secteur d'anneau interne peut être supérieure ou égale à 1,0 mm.
- [0059] Ces modes de réalisation permettent d'éviter en fonctionnement tout contact entre deux éléments constitutifs de l'organe de rappel qui pourrait en diminuer la durée de vie.
- [0060] Dans un mode de réalisation, l'angle formé par le coude externe peut être supérieur ou égal à 80°.
- [0061] Ce mode de réalisation assure par construction que la première branche s'étende circonférentiellement. En outre, l'ensemble des coudes permet d'assurer que l'organe de rappel se comporte comme un ressort et l'angle formé par les coudes permet d'en ajuster les propriétés mécaniques.
- [0062] Dans un mode de réalisation, l'angle formé par le coude intermédiaire est compris entre 170° et 190° voire entre 175° et 185°.
- [0063] Ce mode de réalisation permet d'assurer un certain parallélisme entre la première et la deuxième branche ce qui améliore la prédictibilité du comportement mécanique de l'organe de rappel. En outre, cela permet à l'organe de rappel d'avoir un comportement proche d'un ressort.
- [0064] Dans un mode de réalisation, l'angle formé par le coude intermédiaire est de 180°, ce qui assure par construction le parallélisme entre la première et la deuxième branche.
- [0065] Dans un mode de réalisation, l'angle formé par le coude interne peut être supérieur ou égal à 80°.
- [0066] Ce mode de réalisation assure par construction que la deuxième branche s'étende circonférentiellement.
- [0067] Dans un mode de réalisation, le rayon de raccordement du coude intermédiaire peut être supérieur ou égal à 1,0 mm.
- [0068] Dans un mode de réalisation, le rayon de raccordement du coude externe peut être supérieur ou égal à 1,0 mm.
- [0069] Le choix particulier du rayon de raccordement permet d'ajuster précisément la raideur de l'organe de rappel. En effet, plus le rayon de raccordement est grand et plus le coude est souple.
- [0070] Comme décrit plus haut, l'organe de rappel comprend au moins un bras tel qu'il vient d'être décrit.
- [0071] Les inventeurs ont toutefois constaté qu'il pouvait être encore plus avantageux pour l'organe de rappel de comprendre deux bras de rappel.

- [0072] Ainsi, dans un mode de réalisation, l'organe de rappel peut comprendre en outre un deuxième bras de rappel comprenant :
- une portion d'attache externe qui s'étend radialement et qui est reliée au secteur d'anneau externe ;
 - une première branche qui s'étend circonférentiellement et qui est reliée à la portion d'attache externe par un coude externe ;
 - une deuxième branche qui s'étend circonférentiellement, la deuxième branche étant reliée à la première branche par un coude intermédiaire ;
 - une portion d'attache interne qui s'étend radialement et qui est reliée au secteur d'anneau interne et qui est reliée à la deuxième branche par un coude interne,
- et dans lequel le coude interne (306) est agencé circonférentiellement entre le coude externe (302) et le coude intermédiaire (304),
- le premier et le deuxième bras de rappel étant décalé l'un de l'autre dans la direction axiale.
- [0073] Ce mode de réalisation permet de décomposer le bras de l'organe de rappel en deux bras identiques ou différents. Ainsi, les propriétés mécaniques de l'organe de rappel peuvent être améliorées encore plus finement.
- [0074] Dans un mode de réalisation, la deuxième branche du deuxième bras de rappel a une longueur inférieure à la longueur de la première branche du deuxième bras de rappel.
- [0075] Dans un mode de réalisation où l'organe de rappel comprend au moins deux bras, la portion d'attache externe du premier bras et la portion d'attache externe du deuxième bras peuvent être alignées dans la direction axiale, i.e. être positionnés à la même position circonférentielle.
- [0076] Ce mode de réalisation permet d'assurer que l'effort appliqué au secteur d'anneau externe soit concentré en un point précis, qu'il est alors possible de renforcer par exemple.
- [0077] De manière alternative, la portion d'attache externe du premier bras et la portion d'attache externe du deuxième bras peuvent être décalées dans la direction circonférentielle, i.e. ne pas être alignées dans la direction axiale.
- [0078] Ce mode de réalisation permet d'assurer que l'effort appliqué au secteur d'anneau externe soit réparti dans la dimension circonférentielle du secteur d'anneau.
- [0079] Dans un mode de réalisation où l'organe de rappel comprend au moins deux bras, la portion d'attache interne du premier bras et la portion d'attache interne du deuxième bras peuvent être alignées dans la direction axiale, i.e. être positionnées à la même position circonférentielle.
- [0080] Dans un mode de réalisation où l'organe de rappel comprend au moins deux bras, la portion d'attache interne du premier bras et la portion d'attache interne du deuxième bras peuvent être décalées dans la direction circonférentielle, par exemple l'angle

formé par les directions d'extension radiale aux points d'attache de la portion d'attache interne du premier bras et la portion d'attache interne du deuxième bras peut être supérieur ou égale à 5° .

- [0081] Les inventeurs ont constaté qu'un tel décalage des portions d'attaches internes des deux bras permet de limiter le phénomène de bascule du secteur d'anneau interne, c'est-à-dire que cette configuration permet d'éviter un désaxage du secteur d'anneau interne dans la direction axiale.
- [0082] Dans d'autres modes de réalisation, les dimensions des deux bras peuvent être différentes, ce qui permet d'adapter spécifiquement les propriétés mécaniques de chaque bras à son positionnement radial et axial.
- [0083] Par exemple, le bras amont peut être plus long que le bras aval, de sorte que ce dernier présente un comportement plus élastique que le bras amont.
- [0084] De manière alternative, le bras aval peut être plus long que le bras amont, de sorte que ce dernier présente un comportement plus élastique que le bras aval.
- [0085] Dans un mode de réalisation, les épaisseurs et/ou les largeurs d'un bras peuvent être différentes de celles de l'autre bras d'un organe de rappel.
- [0086] Introduire des différences géométriques entre les deux bras d'un organe de rappel permet de définir au mieux les propriétés mécaniques et/ou élastiques de chacun des deux bras à sa position particulière dans le joint d'étanchéité.
- [0087] Dans un mode de réalisation où l'organe de rappel comprend au moins deux bras, l'angle formé par le coude interne du deuxième bras est l'opposé de l'angle formé par le coude interne du premier bras et dans lequel l'angle formé par le coude externe du deuxième bras est l'opposé de l'angle formé par le coude externe du premier bras.
- [0088] Ce mode de réalisation permet de disposer de deux bras qui, si on les parcourt de l'attache externe vers l'attache interne, sont disposés en sens inverse l'un de l'autre le long de la direction circonférentielle.
- [0089] En effet, il faut se déplacer en sens opposé le long de la direction circonférentielle pour parcourir la première branche des deux bras en venant de leurs portions d'attache respectives.
- [0090] Ce mode de réalisation permet de symétriser les efforts de rappel exercés dans la direction circonférentielle et évite qu'une extrémité circonférentielle du secteur interne ne soit plus mobile que l'autre.
- [0091] On peut également, dans la limite de la faisabilité technique, combiner les modes de réalisation qui viennent d'être décrits pour en cumuler les avantages.
- [0092] Par exemple, avoir des bras dont les portions d'attaches internes sont décalées l'une de l'autre d'un angle supérieur ou égal à 5° dans la direction axiale, et dont l'angle formé par le coude interne du deuxième bras est l'opposé de l'angle formé par le coude interne du premier bras.

- [0093] Ce mode de réalisation assure une bonne symétrie des efforts dans la direction circonférentielle tout en limitant le phénomène de bascule du secteur d'anneau interne dans la direction axiale.

Brève description des dessins

- [0094] [Fig.1] La [Fig.1] représente schématiquement une turbomachine vue en coupe.
- [0095] [Fig.2] La [Fig.2] représente schématiquement un organe de rappel dans un premier mode de réalisation.
- [0096] [Fig.3] La [Fig.3] représente une vue différente de l'organe de rappel dans le premier mode de réalisation.
- [0097] [Fig.4] La [Fig.4] représente schématiquement un organe de rappel dans un deuxième mode de réalisation différent du premier.
- [0098] [Fig.5] La [Fig.5] représente une vue différente de l'organe de rappel dans le deuxième mode de réalisation.
- [0099] [Fig.6] La [Fig.6] représente schématiquement un organe de rappel dans un troisième mode de réalisation différent des premier et deuxième modes.
- [0100] [Fig.7] La [Fig.7] représente une vue différente de l'organe de rappel dans le premier mode de réalisation différent des premier et deuxième modes.

Description des modes de réalisation

- [0101] L'invention est à présent décrite au moyen de figures, présentes à but descriptif pour illustrer certains modes de réalisation de l'invention et qui ne doivent pas être interprétées comme limitant cette dernière.
- [0102] La [Fig.1] représente, en coupe selon un plan vertical passant par son axe principal A, un turboréacteur à double flux 1. Il comporte d'amont en aval selon la circulation du flux d'air, une soufflante 2, un compresseur basse pression 3, un compresseur haute pression 4, une chambre de combustion 5, une turbine haute pression 6, et une turbine basse pression 7.
- [0103] Dans la présente demande, les termes relatifs de positionnement par exemple « amont », « aval », « interne » et « externe » seront entendus par rapport à l'axe horizontal A du carter définissant la direction axiale, parcouru dans le sens d'écoulement des flux d'air principaux et secondaire de la turbomachine.
- [0104] Ainsi, un élément dit « amont » sera traversé avant un élément dit « aval » et un élément dit « interne » sera plus proche de l'axe A qu'un élément « externe ».
- [0105] Tout d'abord, la [Fig.2], et plus généralement les figures 2 à 7 présente les directions utilisées dans la demande.
- [0106] La direction axiale D_A qui s'entend comme la direction alignée avec l'axe principal A de la turbomachine. La direction circonférentielle D_C dans laquelle le joint d'étanchéité s'étend et forme un cercle autour de la direction axiale D_A . La direction radiale D_R

définit un rayon du cercle formé par la direction circonférentielle D_C et ayant pour centre la direction axiale D_A .

[0107] La [Fig.2] représente schématiquement un organe de rappel dans un mode de réalisation.

[0108] Plus précisément, la [Fig.2] représente un joint d'étanchéité 100 comprenant une pluralité de secteurs de joints d'étanchéité répartis circonférentiellement autour de l'axe A, chaque secteur de joint d'étanchéité comprenant un secteur d'anneau interne 13 formant le joint d'étanchéité relié à un secteur d'anneau externe 11 par un organe de rappel 12,

le joint d'étanchéité étant caractérisé en ce que l'organe de rappel comprend au moins un bras de rappel 200 comprenant :

- une portion d'attache externe 201 s'étendant radialement et reliée au secteur d'anneau externe ;
- une première branche 203 s'étendant circonférentiellement et reliée à la portion par un coude externe 202 ;
- une deuxième branche 205 s'étendant circonférentiellement, la deuxième branche étant reliée à la première branche par un coude intermédiaire 204 ;
- une portion d'attache interne 207 s'étendant radialement reliée au secteur d'anneau interne et reliée à la deuxième branche par un coude interne 206,

le coude interne 206 étant agencé circonférentiellement entre le coude externe 202 et le coude intermédiaire 204.

[0109] On peut noter que sur le mode de réalisation représenté, la deuxième branche 205 a une longueur inférieure à la première branche 203.

[0110] La [Fig.2] décrit encore la largeur E du bras 200 entendue dans la direction axiale D_A .

[0111] Comme décrit, la largeur E du bras 200 est comprise entre 50 % et 90 % de la largeur du secteur de joint d'étanchéité.

[0112] Dans un mode de réalisation, qui est d'ailleurs celui représenté sur la [Fig.2], lorsque la largeur E du bras est inférieure à 90%, la portion d'attache interne 207 peut être positionnée de sorte que la portion d'attache interne 207 soit en contact avec l'aval du secteur d'anneau interne 13.

[0113] De manière alternative, la portion d'attache interne 207 pourrait être en contact avec l'amont du secteur d'anneau interne 13 ou encore de sorte qu'elle ne soit pas en contact avec ni l'amont ni l'aval du secteur d'anneau interne 13, par exemple centrée sur le secteur d'anneau interne 13.

[0114] Il en est de même pour la portion d'attache externe 201.

[0115] Dans un mode de réalisation, qui est d'ailleurs celui représenté sur la [Fig.2], lorsque la largeur E du bras est inférieure à 90% de la largeur du secteur d'anneau externe 201,

la portion d'attache externe 201 peut être positionnée de sorte que la portion d'attache externe 201 soit en contact avec l'amont du secteur d'anneau externe 201.

- [0116] De manière alternative, la portion d'attache externe 207 pourrait être en contact avec l'aval du secteur d'anneau externe 11 ou encore de sorte qu'elle ne soit pas en contact avec ni l'amont ni l'aval du secteur d'anneau externe 11, par exemple centrée sur le secteur d'anneau externe 11.
- [0117] Dans un mode de réalisation, il n'est pas nécessaire que la portion d'attache interne 207 et que la portion d'attache externe 201 soient positionnées axialement au même endroit sur respectivement le secteur d'anneau interne 13 et le secteur d'anneau externe 11.
- [0118] Dans un mode de réalisation, la largeur du bras peut varier d'un bout à l'autre du bras, et l'on appellera alors largeur E du bras la largeur minimale du bras.
- [0119] La [Fig.2] illustre en outre un organe secondaire d'étanchéité 14 tel qu'il a été décrit plus haut. L'organe d'étanchéité secondaire peut comprendre une pluralité d'éléments répartis circonférentiellement.
- [0120] Bien que la représentation de l'organe d'étanchéité secondaire 14 soit tronquée sur la [Fig.1] pour rendre visibles les éléments 11, 12 et 13, l'organe d'étanchéité secondaire 14 recouvre dans un mode de réalisation toute la circonférence d'un joint d'étanchéité tel que décrit plus haut.
- [0121] Par exemple, il peut y avoir autant, plus, autant ou moins de portions d'organe d'étanchéité secondaires que de secteurs de joints d'étanchéité.
- [0122] La [Fig.2] illustre en outre l'espace circonférentiel 21 entre deux secteurs de joints d'étanchéité 13.
- [0123] Dans un mode de réalisation, les extrémités circonférentielles des secteurs d'anneau interne présentent un angle d'inclinaison par rapport à la direction axiale D_A compris entre 30° et 90° .
- [0124] Cette inclinaison des extrémités circonférentielles des secteurs d'anneau interne des secteurs de joints d'étanchéité permet d'assurer un déplacement des secteurs d'anneau interne des secteurs de joints d'étanchéité les uns par rapport aux autres.
- [0125] En effet, au cours de l'utilisation, le déplacement radial des secteurs d'anneau interne n'est pas uniforme. Une inclinaison des extrémités des secteurs d'anneau interne permet de réduire le jeu existant entre deux secteurs d'anneau interne, améliorant ainsi l'efficacité du joint d'étanchéité.
- [0126] La [Fig.3] présente un bras d'un organe de rappel du même mode de réalisation que celui de la [Fig.2], mais dans une vue différente, ici dans un plan perpendiculaire à la direction axiale D_A .
- [0127] La [Fig.3] permet d'illustrer d'autres dimensions des éléments d'un organe de rappel tel que décrit.

- [0128] Tout d'abord la [Fig.3] présente ici schématiquement la surface externe 500 en regard de la surface interne du secteur d'anneau interne.
- [0129] La surface est séparée du joint d'étanchéité par le jeu j , mesuré dans la direction radiale.
- [0130] La [Fig.3] illustre en outre la longueur L_1 de la première branche 203, et la longueur L_2 de la deuxième branche 205.
- [0131] Comme décrit la longueur L_1 de la première branche 203 peut être supérieure ou égale à 20,0 mm.
- [0132] La longueur maximale de la première branche 203 est limitée par la courbure du secteur d'anneau externe. Par exemple, la longueur L_1 de la première branche 203 peut être comprise entre 20,0 mm et 70 mm.
- [0133] La [Fig.3] illustre en outre l'angle β du coude externe 201 et l'angle δ du coude interne 206.
- [0134] L'angle d'un coude s'entend comme l'angle formé par les deux extrémités du coude.
- [0135] De préférence, les angles β et δ sont supérieurs ou égaux à 80° , par exemple compris entre 80° et 90° .
- [0136] De tels angles permettent un rappel efficace de la première et de la deuxième branche 203, 205.
- [0137] La [Fig.3] illustre encore l'angle α formé par le bras de l'organe de rappel.
- [0138] Plus précisément, l'angle α est défini comme l'angle formé par la direction radiale D_R au point d'attache de la portion d'attache interne au secteur d'anneau interne et la direction radiale D_R au point d'attache de la portion d'attache externe au secteur d'anneau externe.
- [0139] L'angle α peut être supérieur ou égal à 5° . De préférence, α est compris entre 5° et 20° .
- [0140] La [Fig.3] illustre encore les rayons de raccordement R_1 du coude externe 202, R_2 du coude intermédiaire 204 et R_3 du coude interne 206.
- [0141] La [Fig.3] illustre la distance $J1$ entre la première branche et le secteur d'anneau externe 11 et la distance $J2$ entre la deuxième branche 205 et le secteur d'anneau interne 13.
- [0142] Ces deux distances s'entendent comme la plus petite distance, dans la direction radiale D_R , entre la première branche 203 et le secteur d'anneau externe 11 pour $J1$ et comme la plus petite distance, dans la direction radiale D_R , entre la deuxième branche 205 et le secteur d'anneau interne 13 pour $J2$.
- [0143] En effet, tous les points de la première branche 203 ne sont pas équidistants du secteur d'anneau externe 11 et tous les points de la deuxième branche 205 ne sont pas équidistants du secteur d'anneau interne 13.
- [0144] La [Fig.3] illustre également la distance $J3$ entre la première branche 203 et la

deuxième branche 205, ou plus précisément comme la plus petite distance, dans la direction radiale D_R , entre la première branche 203 et la deuxième branche 205.

- [0145] De préférence, J_1 est supérieur ou égal à 1,0 mm, par exemple, compris entre 1,0 et 5,0 mm.
- [0146] Cela assure un encombrement faible de l'organe de rappel tout en assurant qu'il ne puisse pas y avoir de contact entre la première branche 203 et le secteur d'anneau externe 11, même en comportement anormal ou accidentel.
- [0147] De préférence, J_2 est supérieur ou égal à 1,0 mm, par exemple, compris entre 1,0 et 5,0 mm.
- [0148] Cela assure un encombrement faible de l'organe de rappel tout en assurant qu'il ne puisse pas y avoir de contact entre la deuxième branche 205 et le secteur d'anneau interne 13, même en comportement anormal ou accidentel.
- [0149] De préférence, J_3 est supérieur ou égal à 1,0 mm, par exemple, compris entre 1,0 et 5,0 mm.
- [0150] Cela assure un encombrement faible de l'organe de rappel tout en assurant qu'il ne puisse pas y avoir de contact entre la première branche 203 et la deuxième branche 205, même en comportement anormal ou accidentel.
- [0151] Dans un mode de réalisation, la position de la portion d'attache interne 207 vis-à-vis du secteur d'anneau interne 13 dans la direction circonférentielle D_C peut varier entre 10 % et 90 % de la longueur du secteur d'anneau interne dans cette direction.
- [0152] En d'autres termes, la distance entre la première extrémité circonférentielle d'un secteur d'anneau interne 11, et la portion d'attache interne 207 peut être comprise entre 10% et 90 % de la longueur du secteur d'anneau interne dans la direction circonférentielle.
- [0153] Ce mode de réalisation permet d'adapter au mieux le comportement du joint d'étanchéité et en particulier de contrôler plus précisément le déplacement radial de la surface interne du secteur d'anneau interne.
- [0154] Par exemple, cela permet de contrôler le comportement du joint d'étanchéité dans la direction circonférentielle D_C selon que l'on veut par exemple que l'extrémité avant ou arrière du joint d'étanchéité soit la première à revenir à la position d'équilibre.
- [0155] La [Fig.3] repère en outre l'épaisseur e du bras de l'organe de rappel.
- [0156] L'épaisseur e s'entend comme la plus petite dimension du bras, et permet de définir le comportement mécanique du bras, en particulier sa raideur.
- [0157] Les figures 4 et 5 présentent deux vues d'un même mode de réalisation, lequel est différent du mode de réalisation présentés aux figures 2 et 3.
- [0158] En particulier, l'organe de rappel des modes de réalisation des figures 4 et 5 présentent deux bras 200, 300.
- [0159] L'organe de rappel présente ainsi un bras amont 200 et un bras aval 300.

- [0160] Les deux bras 200, 300 comprennent chacun :
- une portion d'attache externe 201, 301 s'étendant radialement reliée au secteur d'anneau externe 11;
 - une première branche 203, 303 s'étendant circonférentiellement et reliée à la portion par un coude externe 202, 302 ;
 - une deuxième branche 205, 305 s'étendant circonférentiellement, la deuxième branche étant reliée à la première branche par un coude intermédiaire 204, 304 ; et
 - une portion d'attache interne 207, 307 s'étendant radialement et qui est reliée au secteur d'anneau interne 13 et reliée à la deuxième branche 205, 305 par un coude interne 206, 306.
- [0161] Les éléments numérotés avec 2 pour chiffre des centaines se rapportent au premier bras 200, et ceux avec 3 pour chiffre des centaines se rapportent au deuxième bras 300.
- [0162] Dans un mode de réalisation, la deuxième branche 305 du deuxième bras de rappel 300 a une longueur inférieure à la longueur de la première branche 302 du deuxième bras de rappel 300.
- [0163] Le premier bras 200 présente une largeur E_a et le deuxième bras 300 une largeur E_b
- [0164] Dans un mode de réalisation la largeur de chaque bras peut être identique ce qui permet d'assurer un comportement symétrique du joint d'étanchéité dans sa direction axiale, c'est-à-dire entre l'amont et l'aval du joint d'étanchéité.
- [0165] Ceci n'est toutefois pas nécessaire et il est possible d'obtenir un comportement définit plus finement, par exemple adapté précisément au comportement du flux d'air en jouant sur la largeur respective d'un bras 200, 300 par rapport à l'autre 300, 200.
- [0166] Ainsi que cela est figuré sur les figures 4 et 5, les portions d'attaches internes de 207, 307 du premier bras 200 et du deuxième bras 300 peuvent être alignées dans la direction axiale D_A .
- [0167] Dans le mode de réalisation précisément illustré sur la [Fig.5], les deux bras 200, 300 peuvent avoir des dimensions identiques à ceci près que les angles β_a et β_b des coudes internes 202 et 302 et les angles δ_a et δ_b sont opposés.
- [0168] Pour obtenir la mesure signée d'un angle, il convient de projeter celui-ci dans la direction circonférentielle D_C . Le sens positif est alors définit selon la règle mathématique habituelle dite « règle du pouce de la main droite » ou encore « règle du tire-bouchon de Maxwell ».
- [0169] Dans un tel mode de réalisation, par construction, il apparaît alors que les angles α_a et α_b sont également identiques mais de signes opposés.
- [0170] Ce mode de réalisation assure par symétrie de construction une meilleure symétrie du comportement du joint d'étanchéité dans la direction circonférentielle D_C .
- [0171] Les figures 6 et 7 illustrent un mode de réalisation encore différents de ceux décrits plus haut.

- [0172] La [Fig.6] montre un organe de rappel 12 comprenant deux bras 200 et 300.
- [0173] La [Fig.7] illustre d'autres valeurs pertinentes pour l'optimisation du comportement et notamment les angles ε_{ext} et ε_{int} .
- [0174] L'angle ε_{ext} est défini comme l'angle formé entre les portions d'attache externe prolongées dans la direction radiale D_R des deux bras 200, 300.
- [0175] De préférence, l'angle ε_{ext} est compris entre 0° et 25° .
- [0176] L'angle ε_{int} est défini comme l'angle formé entre les portions d'attache externe prolongées dans la direction radiale D_R des deux bras 200, 300.
- [0177] De préférence, l'angle ε_{ext} est compris entre 0° et 15° .
- [0178] Par construction géométrique, et ainsi que cela est décrit sur la [Fig.7] on peut déduire la relation géométrique $\varepsilon_{\text{ext}} = \varepsilon_{\text{int}} + \alpha_a + \alpha_b$.
- [0179] Les angles ε proposés permettent d'assurer un comportement du joint d'étanchéité qui soit adapté au comportement cible dans la direction circonférentielle.
- [0180] Des modes de réalisation avec plus de deux bras pour l'organe de rappel 12 sont également envisageables.
- [0181] Les avantages de disposer d'un plus grand nombre de bras dans l'organe de rappel est de pouvoir définir et contrôler le comportement du secteur d'anneau interne 13 encore plus finement que lorsque l'organe de rappel 12 comprend un seul bras 12.
- [0182] Un joint d'étanchéité compatible d'un organe de rappel tel qu'il a été décrit est à présent décrit.
- [0183] Dans un mode de réalisation le joint d'étanchéité peut comprendre une pluralité de secteurs de joints répartis circonférentiellement autour de l'axe A, chaque secteur de joint comprenant un secteur d'anneau interne relié à un secteur d'anneau externe par un organe de rappel,
le joint d'étanchéité étant caractérisé en ce que la surface interne de chaque secteur d'anneau interne comprend au moins une rangée de motifs creusés à partir de la surface interne des secteurs d'anneau interne, chacun des motifs ayant une forme longiligne s'étendant selon une direction oblique par rapport à la direction axiale et étant séparé d'un autre motif par une portion non creusée de la surface interne.
- [0184] Une telle architecture du joint diffère radicalement d'un joint à labyrinthes.
- [0185] Cependant la surface interne du secteur d'anneau interne assure bien une étanchéité aérodynamique en assurant un jeu prédéfini avec la surface en regard.
- [0186] Il est entendu que l'étanchéité mise en jeu ici n'est pas une étanchéité stricte au sens où l'air ne pourrait pas passer le joint, mais une étanchéité relative, le but du joint étant de laisser passer une quantité d'air définie.
- [0187] La « répartition circonférentielle » des secteurs de joint entend signifier que chaque secteur de joint définit une portion de la circonférence du joint, et que l'ensemble des secteurs de joint permet d'obtenir le joint complet.

- [0188] Dans un mode de réalisation, la répartition circonférentielle est régulière, et chaque secteur de joint représente alors une portion égale de la circonférence du joint d'étanchéité.
- [0189] Il est entendu que le jeu prédéfini est un jeu « cible », et qu'il est possible que le jeu varie légèrement autour de la valeur de jeu prédéfini dans des conditions d'utilisation du joint. Lorsque le joint est dans sa position d'équilibre, le jeu prédéfini permet d'assurer que le flux d'air traversant le joint soit le flux d'air souhaité. Toutefois, si le jeu augmente ou diminue, le joint d'étanchéité sera ramené au jeu prédéfini par rapport à un comportement de ressort des secteurs d'anneau internes assuré notamment par les organes de rappel.
- [0190] Plus précisément, si le jeu du joint devient plus faible que le jeu prédéfini, la pression radialement sous la surface interne des secteurs d'anneau augmente et le secteur d'anneau interne se déplace alors de sorte à augmenter le jeu, tandis que si le jeu du joint devient plus grand que le jeu prédéfini, l'organe de rappel exerce une force plus grande que la pression s'exerçant radialement sous la surface interne des secteurs d'anneau internes, ces derniers revenant alors à leurs positions d'équilibre, c'est-à-dire au jeu prédéfini.
- [0191] Cet équilibre aérodynamique permet d'éviter à tout moment que la surface interne du secteur d'anneau interne ne vienne en contact de la surface en regard et le joint diffère en cela des joints à labyrinthe. On s'affranchit ainsi du problème d'usure qui peut être rencontré pour les joints à labyrinthe classiques.
- [0192] De manière générale, les motifs présents dans l'épaisseur de la surface interne du secteur d'anneau interne permettent d'améliorer le comportement aérodynamique du joint d'étanchéité.
- [0193] Dans un mode de réalisation, le jeu entre la surface interne du secteur d'anneau interne et la surface radialement en regard peut être compris entre 0,1 et 1,0 mm voire entre 0,5 mm et 1,0 mm.
- [0194] Les motifs creusés à partir de la surface interne du secteur d'anneau interne permettent de modifier le comportement du joint, notamment en augmentant davantage la pression exercée par l'air sur la surface interne du secteur d'anneau interne lorsque cette dernière se rapproche de la surface en regard.
- [0195] Cela rend encore plus improbable le contact entre la surface interne du secteur d'anneau interne et la surface radialement en regard diminuant ainsi le risque d'usure du joint.
- [0196] Les motifs sont dits « creusés à partir de la surface interne du secteur d'anneau interne », car il doit être compris que les motifs forment un relief dans la direction radiale du secteur d'anneau, c'est-à-dire la direction perpendiculaire à l'axe A, et depuis la surface interne du secteur d'anneau interne.

- [0197] Les motifs ont des formes longilignes, par exemple parallélépipédiques. Il est ainsi entendu que le profil de profondeur de la surface interne du secteur d'anneau interne définissant un motif est identique dans la direction circonférentielle sur une distance donnée que l'on appellera arbitrairement largeur du motif.
- [0198] La deuxième dimension du motif, dans le plan de la surface interne du secteur d'anneau interne sera appelée arbitrairement longueur.
- [0199] On ne sort pas du cadre de l'invention si la largeur est plus grande que la longueur mais, par soucis de simplicité, on ne décrira par la suite que des cas dans lesquels un motif est plus long que large.
- [0200] Les dimensions sont caractérisées de largeur et de longueur par simplicité, mais l'invention n'est pas réduite au cas où les motifs sont rectangulaires et elle concerne bien des motifs longilignes, et plus précisément parallélépipédiques.
- [0201] Ainsi, et comme décrit, la longueur d'un motif est dans une direction oblique par rapport à la direction axiale.
- [0202] L'inclinaison quantifiant la caractéristique « oblique » des motifs s'entend comme l'angle définit entre la direction dans laquelle s'étend la longueur d'un motif et la direction axiale.
- [0203] Dans un mode de réalisation, les motifs présentent un angle d'inclinaison par rapport à la direction axiale, cet angle d'inclinaison étant supérieur ou égal à 30°.
- [0204] L'angle d'inclinaison des motifs permet d'une part d'inscrire plus de motifs ou des motifs de plus grande longueur à la surface d'un secteur d'anneau interne de dimensions données.
- [0205] Dans un mode de réalisation, l'angle d'inclinaison des motifs est compris entre 30° et 60°, voire comprise entre 30° et 45°.
- [0206] En effet, cela permet d'assurer en outre que le flux d'air, qui possède éventuellement une vitesse tangentielle du fait de la rotation de plusieurs éléments avec lesquels il est éventuellement en contact, entre dans le motif sans voir une discontinuité trop importante.
- [0207] De préférence, l'angle d'inclinaison est orienté dans le même sens que la vitesse tangentielle du flux d'air, ou encore dans le sens de rotation de la surface en regard par rapport au secteur d'anneau interne.
- [0208] La surface en regard du joint est une surface d'un rotor monté rotatif autour de l'axe A, par exemple le rotor d'une turbine haute pression d'une turbomachine aéronautique. Dans un mode de réalisation, les motifs peuvent être inclinés dans la même direction que le sens de rotation du rotor.
- [0209] Cela assure que l'orientation des motifs soit dans le sens de la vitesse tangentielle de l'air traversant lesdits motifs, ce qui améliore les performances générales du joint d'étanchéité.

- [0210] La profondeur d'un motif s'entend comme la distance entre la surface interne du secteur d'anneau interne non creusée et la surface du motif, mesurée perpendiculairement à la surface du secteur d'anneau interne, c'est-à-dire selon la direction radiale.
- [0211] Dans un mode de réalisation, chaque surface interne des secteurs d'anneau interne comprend une pluralité de rangées de motifs dans la direction radiale, formée chacune d'une pluralité de motifs dans la direction circonférentielle.
- [0212] Par exemple, chaque surface interne des secteurs d'anneau interne comprend une première et une deuxième rangée de motifs chacune des rangées comprenant une pluralité de motifs répartis dans la direction circonférentielle.
- [0213] Dans un mode de réalisation où le joint comprend deux rangées de motifs, les motifs de la première rangée de motifs et les motifs de la deuxième rangée de motifs présentent une portion plane sur laquelle la profondeur ne varie pas, et l'on considèrera que la profondeur de cette portion plane est la profondeur du motif. Si les motifs ne présentent pas une telle portion plane ou s'ils présentent plus d'une portion plane, on appellera profondeur du motif la profondeur moyenne du motif.
- [0214] Les modes de réalisation décrits à présents permettent d'assurer un retour plus rapide du joint d'étanchéité à son jeu prédéfini, et donc à sa position d'équilibre.
- [0215] En outre, ils assurent que la surface interne du secteur d'anneau interne ne rentre pas en contact avec la surface en regard dans les modes de fonctionnement prévus ou même accidentels.
- [0216] Dans un mode de réalisation où le joint comprend au moins deux rangées de motifs, les motifs de la première rangée de motifs présentent une profondeur supérieure ou égale aux motifs de la deuxième rangée de motifs.
- [0217] Il est entendu que la première rangée de motifs est la première rangée rencontrée par le flux d'air passant le joint d'étanchéité. Dans le cas où il n'y a qu'une rangée de motifs, la première rangée est la rangée de motifs.
- [0218] S'il y a deux rangées de motif, la première rangée de motifs pourra aussi être caractérisée de « rangée amont », et la deuxième rangée de motifs de « rangée aval ».
- [0219] Dans un mode de réalisation, chaque motif de la première rangée de motifs présente une zone aval de motif plane de profondeur constante et non nulle et une zone amont de motif dans laquelle la profondeur varie de façon décroissante en restant supérieure à la profondeur constante de la zone aval de motif.
- [0220] La zone aval assure le rôle général du motif qui est d'augmenter la pression sur la surface interne du secteur d'anneau interne lorsque le jeu est plus faible que le jeu prédéfini.
- [0221] Dans un mode de réalisation, la zone amont de chaque motif de la première rangée de motifs peut présenter une forme arrondie, c'est-à-dire convexe.

- [0222] Dans ce mode de réalisation, la zone amont permet d'assurer une faible perte de pression à l'entrée du joint d'étanchéité. Cela permet ainsi d'améliorer l'efficacité du joint dans son ensemble.
- [0223] En outre, dans un mode de réalisation où le joint comprend au moins deux rangées de motifs, puisque deux motifs sont séparés par une portion non creusée de la surface interne du secteur d'anneau interne et que la profondeur de la partie aval du motif de la première rangée est non nulle, ce mode de réalisation assure que l'air parcourant le premier motif rencontre une paroi dirigée dans la direction radiale à la fin du premier motif.
- [0224] Ces parois assurent que l'effort effectué par l'air radialement sous la surface interne du secteur d'anneau interne soit dirigé dans la direction radiale, et cela indépendamment de sa vitesse tangentielle, ce qui augmente les performances du joint d'étanchéité.
- [0225] Dans un mode de réalisation, la profondeur de la partie aval du motif de la première rangée peut être comprise entre 1,5 fois et 2,5 fois le jeu prédéfini pour le joint d'étanchéité.
- [0226] Les inventeurs ont en effet constaté que ces valeurs de profondeur assurent une excellente répartition des pressions dans le joint ce qui améliore l'efficacité du joint.
- [0227] Dans un mode de réalisation où la surface interne de chaque secteur interne comprend au moins deux rangées de motifs, chaque motif de la deuxième rangée de motifs présente une zone aval de motif plane de profondeur constante et non nulle et une zone amont de motif dans laquelle la profondeur du motif varie de façon croissante depuis la surface interne du secteur d'anneau interne en restant inférieure à la profondeur constante de la zone aval de motif.
- [0228] Ce mode de réalisation permet d'assurer une nouvelle compression de l'air entrant dans le motif, assurant un effort supplémentaire sous le joint, et donc un meilleur asservissement de ce dernier dans son retour à la position d'équilibre.
- [0229] Dans un mode de réalisation, chaque surface interne des secteurs d'anneaux interne comprend une première et une deuxième rangée de motifs, la première rangée de motifs étant décalées dans la direction circonférentielle vis-à-vis de la deuxième rangée de motifs.
- [0230] Par exemple, les motifs de la deuxième rangée sont décalés dans la direction circonférentielle par rapport aux motifs de la première rangée d'une distance comprise entre 0,25 fois la largeur d'un motif et 0,75 fois la largeur d'un motif, voire comprise entre 0,45 fois la largeur d'un motif et 0,55 fois la largeur d'un motif.
- [0231] Ce mode de réalisation permet d'assurer que le flux d'air traversant le joint et ayant une vitesse tangentielle rencontre bien des motifs des deux rangées de motifs au cours de son passage dans le joint d'étanchéité.

- [0232] Dans un mode de réalisation, la surface interne du secteur d'anneau interne peut également comprendre plus de deux rangées de motifs, par exemple entre deux et cinq rangées de motifs.
- [0233] Dans un mode de réalisation, la surface interne de chacune de la première et de la deuxième rangée de motifs comprend une pluralité de motifs répartis dans la direction circonférentielle.
- [0234] Dans un mode de réalisation, une rangée de motifs peut comprendre plus de cinq motifs, par exemple entre 5 et 20 motifs, de préférence entre 7 et 15 motifs, voire entre 9 et 11 motifs.
- [0235] Dans un mode de réalisation, la surface interne du secteur d'anneau interne peut également comprendre après le dernier motif une surface non creusée de la surface interne du secteur d'anneau interne puis une portion d'augmentation de l'épaisseur entre la surface non creusée et l'extrémité aval du secteur d'anneau interne.
- [0236] Un tel profil permet de réduire l'hétérogénéité de pression à la sortie du joint d'étanchéité, ce qui réduit le risque d'instabilité vibratoire du joint à cause du sillage de l'air qui le traverse.
- [0237] Dans un mode de réalisation, les secteurs d'anneau externes forment une virole externe et les secteurs d'anneau internes présentent des extrémités agencées bout-à-bout dans la direction circonférentielle autour de l'axe A.
- [0238] Dans tel mode de réalisation, les extrémités circonférentielles des secteurs d'anneau interne peuvent présenter un angle d'inclinaison par rapport à la direction circonférentielle compris entre 30° et 90°.
- [0239] Cette inclinaison des extrémités circonférentielles des secteurs d'anneau interne des secteurs de joints permet d'assurer un déplacement des secteurs d'anneau interne des secteurs de joints les uns par rapport aux autres.
- [0240] En effet, au cours de l'utilisation, le déplacement radial des secteurs d'anneau interne n'est pas uniforme. Une inclinaison des extrémités des secteurs d'anneau interne permet de réduire le jeu existant entre deux secteurs d'anneau interne, améliorant ainsi l'efficacité du joint.
- [0241] Dans un mode de réalisation, le joint d'étanchéité comprend entre 8 et 12 secteurs de joints.
- [0242] Pour des raisons de tenue mécanique, d'encombrement et pour assurer la planéité de la surface des joints d'étanchéité, on préférerait avoir le plus de secteurs possible. En revanche, pour des raisons aérodynamiques, il convient d'éviter les fuites, et donc de minimiser le nombre de secteurs de joints. Les inventeurs ont constaté qu'un tel nombre de secteurs de joints était un compromis optimal entre ces deux effets opposés.
- [0243] Dans un mode de réalisation, les secteurs d'anneau externe d'un joint d'étanchéité peuvent être une pièce unique, par exemple une virole. En d'autres termes, il n'y a pas

de séparation physique entre deux secteurs d'anneau externes circonférentiellement successifs.

- [0244] Dans un mode de réalisation, une telle virole peut être monolithique, c'est-à-dire réalisée en une seule pièce sans raccordement. Dans un tel cas de figure, il sera considéré qu'une portion angulaire de la virole peut être considérée comme un secteur d'anneau externe.
- [0245] Dans un mode de réalisation, le joint d'étanchéité comprend en outre un organe d'étanchéité secondaire disposé radialement au-dessus du secteur d'anneau interne de sorte à empêcher l'air de traverser axialement le joint au-dessus du secteur d'anneau.
- [0246] Un tel organe d'étanchéité secondaire permet d'assurer l'étanchéité des éléments du joint situés radialement au-dessus du secteur d'anneau interne. En d'autres termes un tel organe d'étanchéité secondaire assure que le seul chemin permettant à l'air en amont du joint d'étanchéité de le franchir passe radialement entre la surface interne du secteur d'anneau interne et la surface externe en regard du joint.
- [0247] Un tel organe secondaire est connu en tant que tel de l'homme du métier et peut par exemple être choisi parmi un joint à brosse, un ensemble de languettes, un tuilage.
- [0248] Les modes de réalisation du joint décrits ci-dessous sont compatibles des modes de réalisation de l'organe de rappel, de sorte que les effets techniques particuliers de certains modes de réalisation peuvent être obtenus conjointement si cela est souhaité.

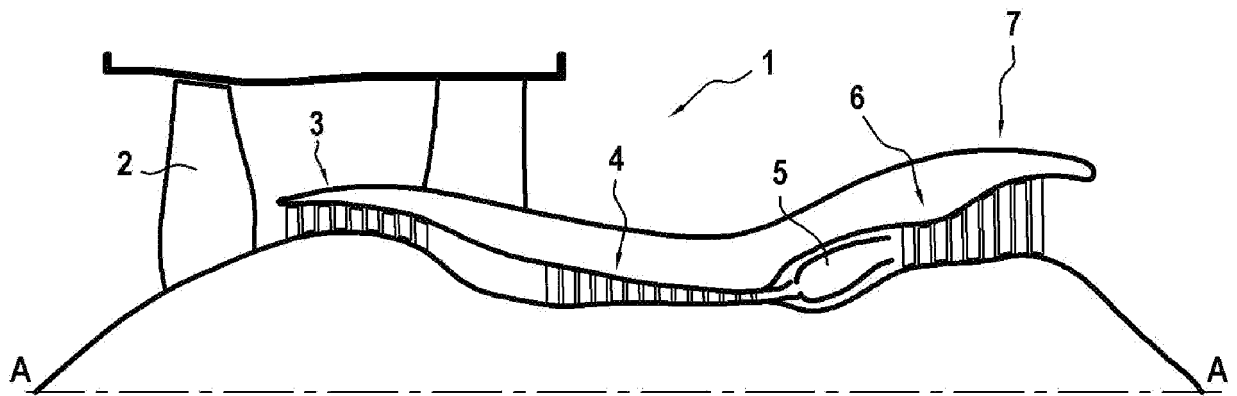
Revendications

- [Revendication 1] Joint d'étanchéité (100) configuré pour assurer un jeu prédéfini (j) entre ledit joint d'étanchéité et une surface externe (500) d'un rotor monté rotatif autour d'un axe A disposée en regard du joint d'étanchéité, le joint d'étanchéité s'étendant circonférentiellement autour de l'axe A, l'axe A définissant une direction axiale (D_A) et comprenant une pluralité de secteurs de joint d'étanchéité répartis circonférentiellement autour de l'axe A, chaque secteur de joint d'étanchéité comprenant un secteur d'anneau interne (13) relié à un secteur d'anneau externe (11) par un organe de rappel (12),
le joint d'étanchéité étant caractérisé en ce que l'organe de rappel (12) comprend au moins un bras de rappel (200) comprenant :
- une portion d'attache externe (201) qui s'étend radialement et qui est reliée au secteur d'anneau externe (11);
 - une première branche (203) s'étendant circonférentiellement et reliée à la portion d'attache externe (201) par un coude externe (202) ;
 - une deuxième branche (205) s'étendant circonférentiellement, la deuxième branche (205) étant reliée à la première branche (203) par un coude intermédiaire (204) ;
 - une portion d'attache interne (207) qui s'étend radialement et qui est reliée au secteur d'anneau interne (11) et reliée à la deuxième branche (205) par un coude interne (206),
et dans lequel le coude interne (206) est agencé circonférentiellement entre le coude externe (202) et le coude intermédiaire (204).
- [Revendication 2] Joint d'étanchéité selon la revendication 1, dans lequel l'épaisseur (e) du bras est en tout point supérieure ou égale à 0,5 mm.
- [Revendication 3] Joint d'étanchéité selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la longueur (L_1) de la première branche (203) est supérieure ou égale à 20,0 mm.
- [Revendication 4] Joint d'étanchéité selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la deuxième branche (205) a une longueur (L_2) inférieure à la longueur (L_1) de la première branche (203).
- [Revendication 5] Joint d'étanchéité selon la revendication 4, dans lequel la longueur (L_2) de la deuxième branche (205) est comprise entre 50 % et 90 % de la longueur (L_1) de la première branche (203).
- [Revendication 6] Joint d'étanchéité selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel l'angle formé entre la direction d'extension radiale de la portion d'attache externe (201) et la direction d'extension radiale de la portion

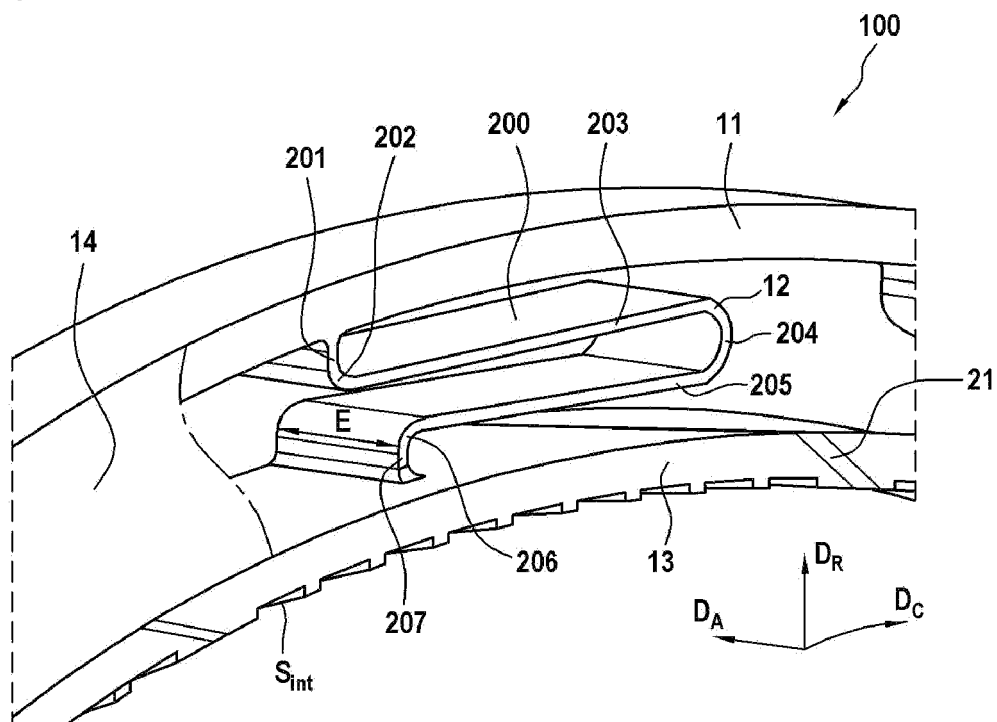
- d'attache interne (206) est supérieur ou égal à 5°.
- [Revendication 7] Joint d'étanchéité selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel le coude interne (206) présente un rayon de raccordement supérieur ou égal à 1,0 mm.
- [Revendication 8] Joint d'étanchéité selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, lequel comprend en outre un deuxième bras de rappel (300) comprenant :
- une portion d'attache externe (301) qui s'étend radialement et qui est reliée au secteur d'anneau externe (11);
 - une première branche (303) qui s'étend circonférentiellement et qui est reliée à la portion d'attache externe (301) par un coude externe (302) ;
 - une deuxième branche (305) qui s'étend circonférentiellement, la deuxième branche (305) étant reliée à la première branche (303) par un coude intermédiaire (304) ;
 - une portion d'attache interne (307) qui s'étend radialement et qui est reliée au secteur d'anneau interne (11) et qui est reliée à la deuxième branche (305) par un coude interne (306),
- et dans lequel le coude interne (306) est agencé circonférentiellement entre le coude externe (302) et le coude intermédiaire (304), le premier et le deuxième bras de rappel (200, 300) étant décalés l'un de l'autre dans la direction axiale.
- [Revendication 9] Joint d'étanchéité selon la revendication 8, dans lequel la deuxième branche (305) du deuxième bras de rappel (300) présente une longueur inférieure à la longueur de la première branche (303) du deuxième bras de rappel (300).
- [Revendication 10] Joint d'étanchéité selon la revendication 8 ou 9, dans lequel la portion d'attache externe (201) du premier bras (200) et la portion d'attache externe (301) du deuxième bras (300) sont alignées dans la direction axiale.
- [Revendication 11] Joint d'étanchéité selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans lequel la portion d'attache interne (207) du premier bras (200) et la portion d'attache interne (307) du deuxième bras (300) sont alignées dans la direction axiale.
- [Revendication 12] Joint d'étanchéité selon l'une des revendications 8 à 11, dans lequel l'angle formé par le coude interne (306) du deuxième bras de rappel (300) est l'opposé de l'angle formé par le coude interne (206) du premier bras de rappel (200) et dans lequel l'angle formé par le coude externe (302) du deuxième bras de rappel (300) est l'opposé de l'angle

- formé par le coude externe (202) du premier bras de rappel (200).
- [Revendication 13] Joint d'étanchéité selon l'une des revendications 8 à 12, dans lequel l'angle formé entre la direction d'extension radiale de la portion d'attache interne (207) du premier bras de rappel (200) et la direction d'extension radiale de la portion d'attache interne (207) du deuxième bras de rappel (206) est supérieur ou égal à 5° .

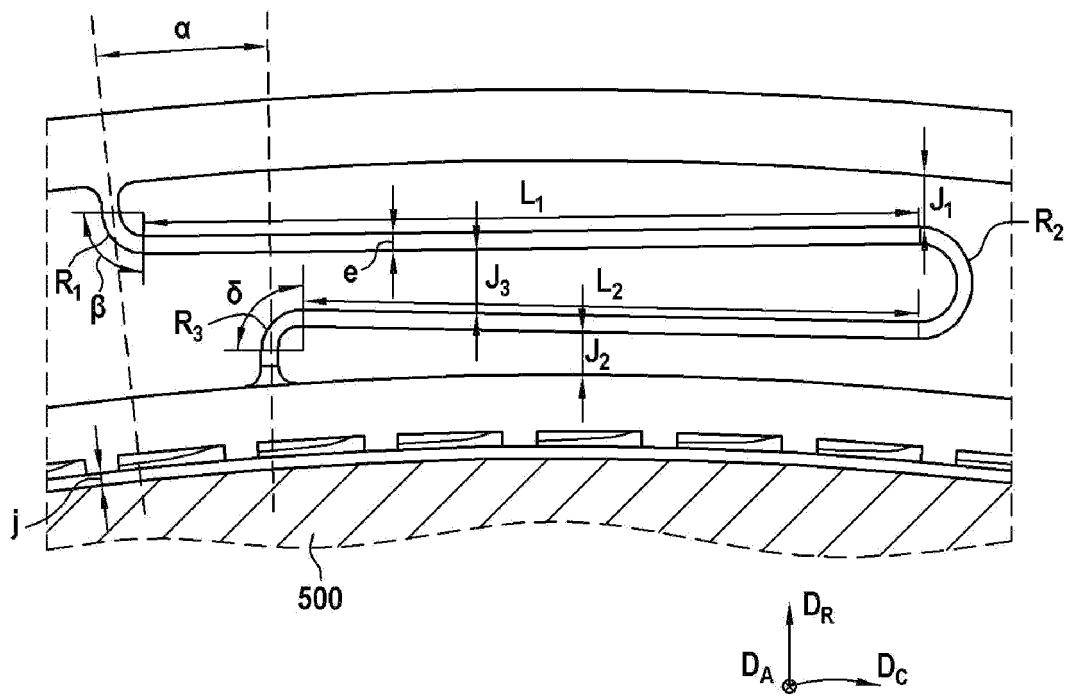
[Fig. 1]



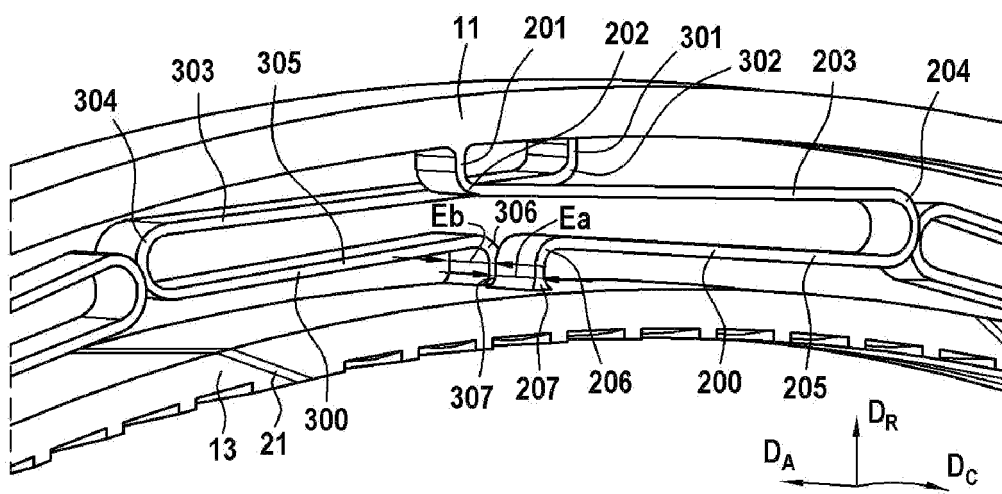
[Fig. 2]



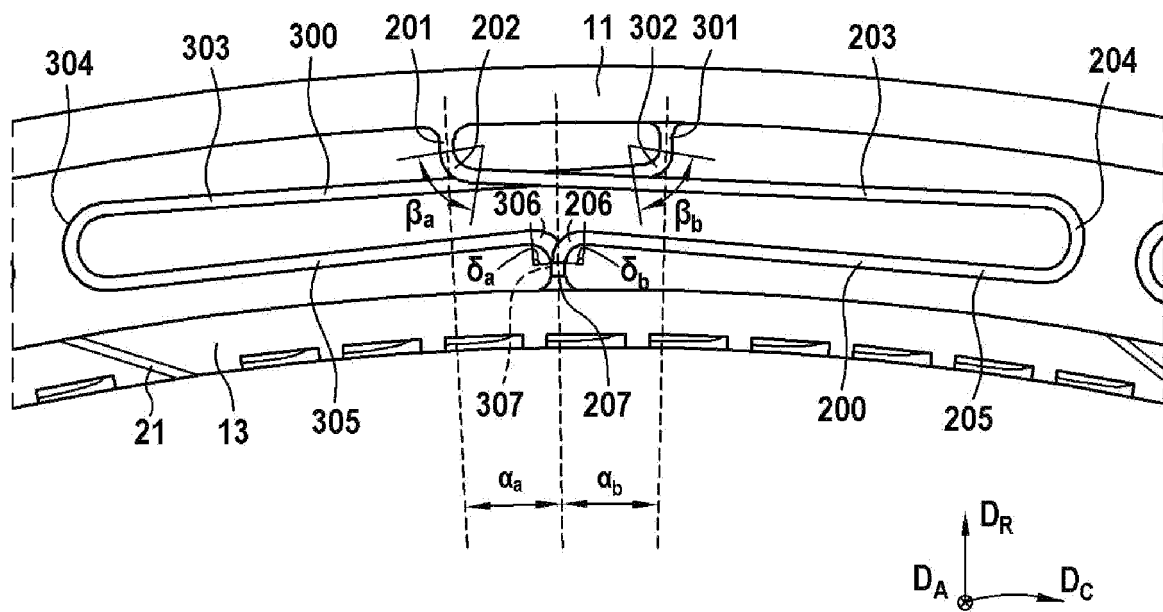
[Fig. 3]



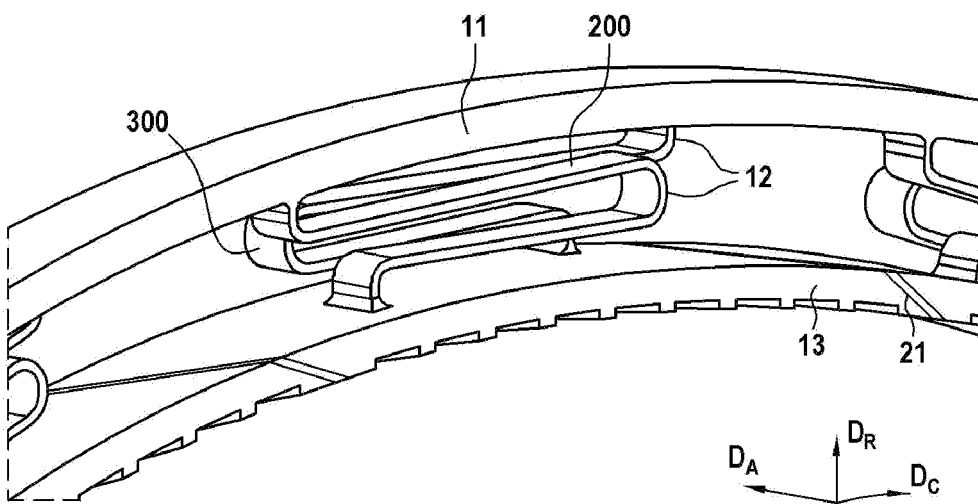
[Fig. 4]



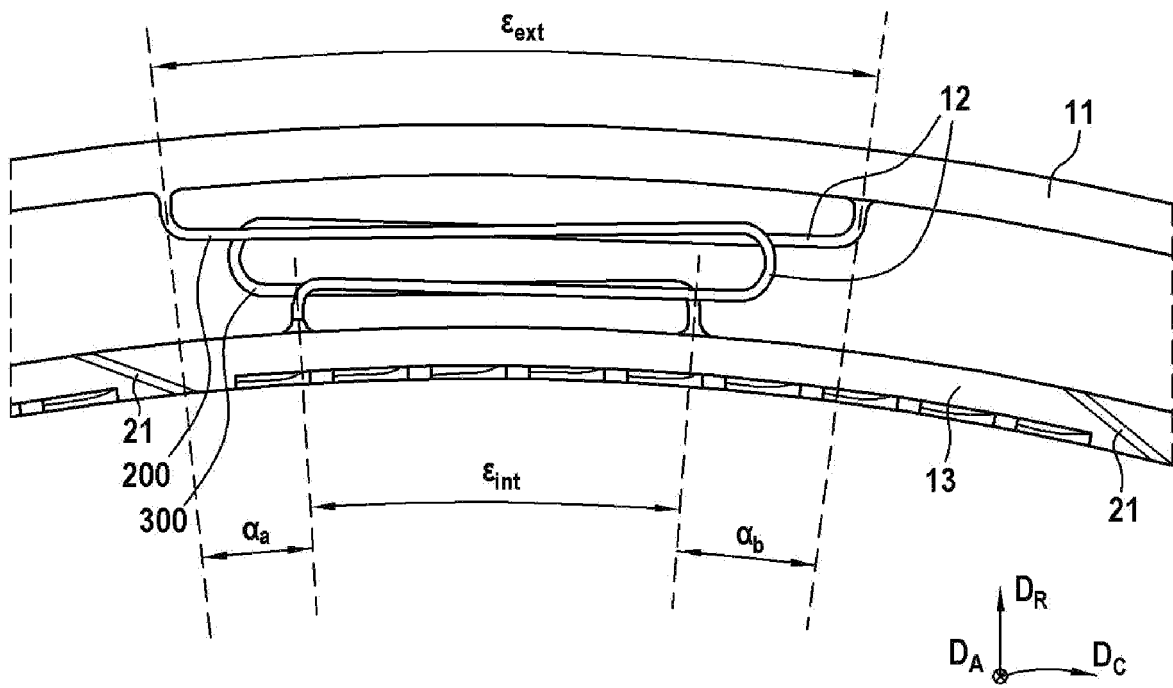
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



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

NEANT

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

WO 2021/216090 A1 (SIEMENS AG [DE];
SIEMENS ENERGY INC [US])
28 octobre 2021 (2021-10-28)

US 2008/265513 A1 (JUSTAK JOHN F [US])
30 octobre 2008 (2008-10-30)

WO 2020/050835 A1 (SIEMENS AG [DE];
SIEMENS ENERGY INC [US])
12 mars 2020 (2020-03-12)

EP 2 495 398 A2 (GEN ELECTRIC [US])
5 septembre 2012 (2012-09-05)

EP 2 048 366 B1 (SIEMENS AG [DE])
16 mars 2011 (2011-03-16)

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

NEANT