

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION BELGE

(41) Date de publication : 16/05/2025

(21) Numéro de demande : BE2023/5872

(22) Date de dépôt : 20/10/2023

(62) Divisée de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : F04D 29/16, F04D 29/52, F04D 29/56, F01D 5/14, F01D 17/16

(30) Données de priorité :

(71) Demandeur(s) :

SAFRAN AERO BOOSTERS

SA
4041, HERSTAL
Belgique

(72) Inventeur(s) :

BOUR Théo Robin Thomas

4041 HERSTAL
Belgique

DE DECKER Nathan Alain

4041 HERSTAL
Belgique

VACCA Sébastien José François Ghislain

4041 HERSTAL
Belgique

**(54) ENSEMBLE DE TURBOMACHINE D'AÉRONEF, COMPRESSEUR, TURBOMACHINE ET
PROCÉDÉ DE FABRICATION**

(57) La présente invention concerne un ensemble (10) redresseur pour compresseur de turbomachine d'aéronef, l'ensemble s'étendant autour d'un axe moteur (X) dirigé d'amont vers aval, entre une extrémité amont d'entrée d'air et une extrémité aval de sortie d'air, l'ensemble comprenant une veine (12) de flux d'air entre l'extrémité amont d'entrée et l'extrémité aval de sortie d'air, des aubes (121) s'étendant dans le flux d'air, les aubes étant à calage variable autour d'un axe de rotation selon des positions de calage angulaire, la veine (12) ayant une conformation selon laquelle la distance entre la veine et une extrémité des aubes (121) en regard de la veine est constante quelle que soit la position de calage angulaire des aubes (121).

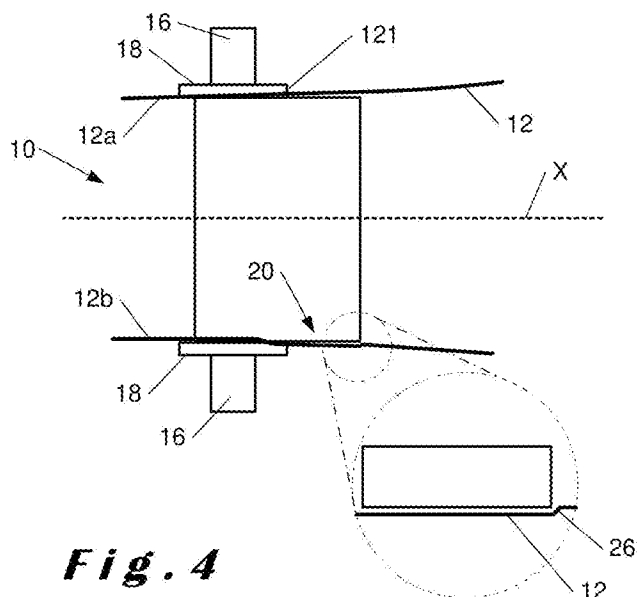


Fig. 4

ENSEMBLE DE TURBOMACHINE D'AÉRONEF, COMPRESSEUR, TURBOMACHINE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION

Domaine technique

- 5 L'invention concerne un ensemble redresseur de turbomachine d'aéronef, un compresseur, une turbomachine et un procédé de fabrication d'un ensemble redresseur de turbomachine d'aéronef.

Art antérieur

- Les compresseurs de turbomachines d'aéronef peuvent comporter des
10 aubes orientables (aubes « VSV » pour « Variable Stator Vane ») au sein d'aubages fixes, les aubes étant positionnées dans des flux d'air s'écoulant dans une veine. Les aubes orientables occupent différentes positions de calage angulaire. Toutefois, selon les positions de calage angulaire occupées par les aubes, un jeu important peut exister entre les aubes et la
15 paroi formant la veine. Un tel jeu peut être néfaste pour l'écoulement de l'air et les performances des compresseurs.

Il y a un besoin pour un ensemble redresseur pour compresseur de turbomachine d'aéronef dans lequel l'écoulement de l'air est amélioré.

Résumé de l'invention

- 20 À cet effet, cette invention propose un ensemble redresseur pour compresseur de turbomachine d'aéronef, l'ensemble s'étendant autour d'un axe moteur dirigé d'amont vers aval, entre une extrémité amont d'entrée d'air et une extrémité aval de sortie d'air, l'ensemble comprenant
- une veine de flux d'air entre l'extrémité amont d'entrée et
25 l'extrémité aval de sortie d'air,
 - des aubes s'étendant dans le flux d'air, les aubes étant à calage variable autour d'un axe de rotation selon des positions de calage angulaire,

la veine ayant une conformation selon laquelle la distance entre la veine et une extrémité des aubes en regard de la veine est constante quelle que soit la position de calage angulaire des aubes.

Selon une variante, la distance constante est supérieure à 0mm et
5 inférieure ou égale à 5mm.

Selon une variante, l'ensemble comprend en outre des arbres d'entraînement des aubes autour de l'axe de rotation et des platines reliant les aubes à l'arbre d'entraînement respectif, les aubes s'étendant au-delà de la platine respective, la distance constante entre la veine et l'extrémité des
10 aubes en regard de la veine étant au-delà de la platine.

Selon une variante, le recouvrement des aubes par rapport à la platine respective est compris entre 30% et 90%.

Selon une variante, l'ensemble comprend en outre une ou plusieurs viroles le long de l'axe moteur, la ou les viroles supportant chacune une ou
15 plusieurs aubes dans le flux d'air et formant chacune un tronçon de paroi de veine, la distance constante étant entre une virole formant un tronçon de paroi de veine et l'extrémité des aubes en regard de la virole formant un tronçon de paroi de veine.

Selon une variante, la veine a une paroi interne et une paroi externe
20 formant une structure annulaire autour de l'axe moteur, la ou les viroles formant un tronçon de la paroi interne et/ou la paroi externe.

Selon une variante, l'angle entre l'axe moteur et la veine au niveau de la ou des viroles est compris entre $+45^\circ$ et -45° .

Selon une variante, les viroles sont des viroles demi-coquille, des
25 viroles annulaires, ou des viroles sectorisées.

Selon une variante, les aubes sont mobiles entre une position angulaire de pleine ouverture et une position angulaire de pleine fermeture, la distance entre la veine et une extrémité des aubes en regard de la veine est constante quelle que soit la position de calage angulaire des aubes entre la position
30 angulaire de pleine ouverture et la position angulaire de pleine fermeture.

Selon une variante, la conformation est dans une zone définie par

- un rayon aval correspondant à un arc de cercle ayant comme rayon une distance entre un axe de rotation de l'aube et un bord de fuite et étant centré sur l'axe de rotation, et/ou

5 - un rayon amont correspondant à un arc de cercle ayant comme rayon un rayon de platine et étant centré sur un axe de rotation de l'aube, et/ou

- une plage angulaire correspondant à une plage de variation maximum de l'aube, entre des positions de pleine ouverture et de pleine

10 fermeture d'une aube.

L'invention se rapporte aussi à un compresseur de turbomachine d'aéronef comprenant l'ensemble de turbomachine d'aéronef tel que décrit précédemment, le compresseur étant de type basse pression.

L'invention se rapporte aussi à une turbomachine d'aéronef

15 comprenant un compresseur tel que décrit précédemment.

L'invention se rapporte aussi à un procédé de fabrication d'un ensemble redresseur pour compresseur de turbomachine d'aéronef, l'ensemble comprenant une veine de flux d'air et des aubes s'étendant dans le flux d'air, les aubes étant à calage variable autour d'un axe de rotation

20 selon des positions de calage angulaire, le procédé comprenant une étape de conformation de la veine telle que la distance entre la veine et une extrémité des aubes en regard de la veine est constante quelle que soit la position de calage angulaire des aubes.

Selon une variante, la conformation de la veine est réalisée pour

25 chaque plage de positions de calage angulaire des aubes.

Selon une variante, la conformation est en fonction de la pente de veine, de la forme de l'extrémité des aubes en regard de la veine et de la plage de calage des aubes.

Selon une variante, le procédé comprend en outre une étape

30 d'assemblage de viroles le long de l'axe moteur, la ou les viroles supportant

chacune une ou plusieurs aubes dans le flux d'air et formant chacune un tronçon de paroi de veine, la conformation de la veine comprenant un ajout et/ou retrait de matière à la ou les viroles.

L'usage, dans le présent document, du verbe « comprendre », de ses
5 variantes, ainsi que ses conjugaisons, ne peut en aucune façon exclure la présence d'éléments autres que ceux mentionnés. L'usage, dans le présent document, de l'article indéfini « un », « une », ou de l'article défini « le », « la » ou « l' », pour introduire un élément n'exclut pas la présence d'une pluralité de ces éléments. Les termes « premier », « deuxième »,
10 « troisième », et ainsi de suite, sont, quant à eux, utilisés dans le cadre de ce document exclusivement pour différencier différents éléments semblables, et ce sans impliquer d'ordre entre ces éléments.

Les modes de réalisation préférés ainsi que les avantages de l'ensemble redresseur selon l'invention se transposent mutatis mutandis aux
15 compresseur, turbomachine et procédé de fabrication de l'ensemble redresseurs décrits, et inversement.

Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description suivante pour la compréhension de
20 laquelle il sera fait référence aux figures annexées :

- la figure 1 illustre une vue schématique d'une coupe de turbomachine d'aéronef ;
- la figure 2 illustre une vue schématique d'aubes d'un ensemble redresseur ;
- 25 - la figure 3 illustre une vue schématique d'une aube d'un ensemble redresseur ;
- la figure 4 illustre une vue schématique d'une aube d'un ensemble redresseur ;
- la figure 5 illustre une vue schématique d'une aube d'un ensemble
30 redresseur ;

- la figure 6 illustre une vue schématique d'aubes d'un ensemble redresseur ;
- la figure 7 illustre une vue schématique d'une veine d'un ensemble redresseur.

5 Les dessins des figures ne sont pas à l'échelle. Généralement, des éléments semblables sont dénotés par des références semblables dans les figures. Dans le cadre du présent document, les éléments identiques ou analogues peuvent porter les mêmes références. En outre, la présence de
10 numéros ou lettres de référence aux dessins ne peut être considérée comme limitative, y compris lorsque ces numéros ou lettres sont indiqués dans les revendications.

Description détaillée de modes de réalisation particuliers de l'invention

Cette partie du texte décrit en détails des modes de réalisation préférés de l'invention. Des références à des figures sont utilisées mais l'invention
15 n'est pas limitée par celles-ci. Les dessins et/ou figures décrits ci-dessous ne sont que schématiques et ne sont pas limitants.

L'invention concerne un ensemble redresseur pour compresseur de turbomachine d'aéronef, l'ensemble s'étendant autour d'un axe moteur dirigé d'amont vers aval, entre une extrémité amont d'entrée d'air et une extrémité
20 aval de sortie d'air. L'ensemble comprend une veine de flux d'air entre l'extrémité amont d'entrée et l'extrémité aval de sortie d'air, des aubes s'étendant dans le flux d'air, les aubes étant à calage variable autour d'un axe de rotation selon des positions de calage angulaire. La veine a en particulier une conformation selon laquelle la distance entre la veine et une
25 extrémité des aubes en regard de la veine est constante quelle que soit la position de calage angulaire des aubes. Ainsi, le jeu peut être minimisé entre les aubes et la paroi de la veine, quelle que soient les positions de calage angulaire occupées par les aubes. Ceci permet d'améliorer l'écoulement de l'air. Les performances du compresseur mettant en œuvre un tel ensemble
30 sont améliorées.

Des références sont représentées sur certaines de ces figures comme repères géométriques abstraits essentiellement afin de quantifier et/ou visualiser des propriétés de modes de réalisation de l'invention. Dans le cadre du présent document, il est fait référence aux directions « axiale », « circonférentielle » et « radiale » correspondant respectivement en des directions parallèles à l'axe moteur, essentiellement circulaire autour de l'axe moteur, et perpendiculaire à l'axe moteur. Un repère sur la figure 1 illustre ces directions (munies d'un sens), en particulier l'axe moteur référencé X. Les termes « intérieure » et « vers l'intérieur » correspondent naturellement à un sens vers l'axe moteur X selon une direction radiale, et les termes « extérieure » et « vers l'extérieur » au sens opposé selon cette direction. Le terme « en / d'entrée » (et respectivement « en / de sortie »), pour parler de la position d'un élément dans une turbomachine d'aéronef ou dans un compresseur, font préférentiellement référence à un premier (respectivement, dernier) tel élément essentiellement en amont (respectivement, essentiellement en aval) de la turbomachine d'aéronef ou du compresseur.

La figure 1 illustre une coupe d'une turbomachine d'aéronef sur laquelle il est prévu d'intégrer l'ensemble de turbomachine d'aéronef selon l'invention. A titre d'exemple, il peut s'agir plus précisément d'une turbomachine axiale à double flux comprenant un certain nombre d'éléments pouvant constituer l'élément. De façon successive, le long de l'axe moteur X, on trouve une soufflante 110, un compresseur basse pression 120, un compresseur haute pression 130, une chambre de combustion 160, une turbine haute pression 140 et une turbine basse pression 150. Ces éléments sont connus d'un homme du métier. Il s'agit d'un exemple d'architecture car l'invention s'applique à d'autres architectures de turbomachines. En fonctionnement, la puissance mécanique des turbines basse 150 et haute 140 pression est transmise via des arbres 101 et 102 aux compresseurs basse 120 et haute 130 pression respectivement, ainsi qu'à la soufflante 110

via l'arbre 101. Un réducteur 111 peut être interposé sur l'arbre 101, de sorte que les vitesses de rotation de la soufflante 110 et du compresseur basse pression 120 soient proportionnelles. Les rotors de ces compresseurs tournent autour de l'axe moteur X leur permettant d'aspirer et de comprimer
5 de l'air pour l'amener à des vitesses, pressions et températures adaptées, jusqu'à l'entrée de la chambre de combustion 160. La soufflante 110 permet de générer des flux d'air primaire 106 et secondaire 107 en amont du compresseur basse pression 120. Le flux d'air primaire 106 est principalement destiné à traverser axialement la turbomachine d'aéronef
10 100, alimentant par cette occasion la chambre de combustion 160, alors que le flux d'air secondaire 107 est principalement destiné à générer une réaction de poussée nécessaire au vol de l'aéronef.

Bien que non référencés de façon systématique sur la figure 1, chaque compresseur et chaque turbine comprend un ou plusieurs étages axiaux
15 disposés en série. Chaque étage comprend un stator ou redresseur à aubages fixes et un rotor à aubages mobiles apte à être mis en rotation autour de l'axe moteur. Pour les compresseurs basse pression 120 et haute pression 130, ces aubages (ou aubes) fixes et mobiles sont respectivement référencés par 121, 122 et 131, 132. Au sein d'un étage, le rotor aspire et
20 accélère le flux d'air primaire 106 en le déviant par rapport à l'axe du moteur X et le stator ou redresseur qui suit redresse le flux dans l'axe moteur X et le ralentit en transformant une partie de sa vitesse en pression. Les aubages fixes comprennent des aubes qui peuvent être à orientation fixe et/ou à orientation (ou calage) variable (les aubes occupant des positions de calage
25 angulaire). Ces aubes orientables sont également connues comme aubes à calage variable, ou selon l'acronyme anglo-saxon « VSV » pour « Variable Stator Vane ». Leur particularité est que l'inclinaison de leurs cordes peut varier par rapport à l'axe du moteur X, et de l'axe des compresseurs 120, 130 en particulier. Les faces intrados et extrados des aubes peuvent être
30 plus ou moins exposées au flux d'air primaire 106. Les surfaces intrados

s'étendent plus ou moins face au flux d'air primaire 106 afin de moduler la déviation, et donc le redressement qui est imposé au flux d'air primaire 106. Les compresseurs peuvent comporter un ou plusieurs étages d'aubes orientables.

5 Le calage angulaire (ou en d'autres termes : orientation, position de calage angulaire ou encore, position angulaire) des aubes au sein du stator à aubages fixes est commandé par un système de calage variable. Sur la figure 1, un système de calage variable 123 peut être monté sur le carter du compresseur basse pression 120 ; un système de calage variable 133 peut
10 aussi être monté sur le carter du compresseur haute pression 130. Il est à noter que cette représentation n'est aucunement limitative du nombre ou de la position des systèmes de calage variable que sont susceptibles de comprendre les compresseurs 120, 130. Ce type d'architecture est donné à titre d'exemple, un compresseur intermédiaire pourrait être présent.

15 L'ensemble 10 pour compresseur de turbomachine est en particulier un ensemble 10 redresseur pour compresseur de turbomachine. Il s'agit donc en particulier un ensemble pour stator. L'ensemble 10 s'étend autour de l'axe moteur X. L'ensemble 10 s'étend aussi le long de l'axe moteur X dirigé d'amont vers aval, entre une extrémité amont d'entrée d'air et une extrémité
20 aval de sortie d'air. L'ensemble 10 comprend une veine 12 de flux d'air entre l'extrémité amont d'entrée d'air et l'extrémité aval de sortie d'air. La veine 12 est une paroi canalisant le flux d'air. Par exemple, la veine 12 canalise le premier flux d'air 106. Le premier flux d'air 106 pénètre dans l'ensemble par l'extrémité amont d'entrée d'air et quitte l'ensemble par l'extrémité aval de
25 sortie d'air.

Les figures illustrent des vues schématiques des aubes 121 de l'ensemble 10. Les aubes 121 s'étendent dans le flux d'air. Les aubes peuvent être agencées par rangées ou étages autour de l'axe moteur X. Plusieurs rangées ou étages d'aubes 121 peuvent disposés le long de l'axe
30 moteur X. La figure 2 montre une aube 121 selon son axe de rotation, en

différentes positions angulaires. L'ensemble comprend des leviers 14 pour l'actionnement des aubes 121 autour de leur axe de rotation. L'ensemble comprend aussi des arbres d'entraînement (ou aussi appelés pivots) des aubes autour de leur axe de rotation. Des platines 18 de l'ensemble relient
5 les aubes 121 à leur arbre d'entraînement respectif. Les aubes 121 peuvent être mobiles entre d'une part une platine 18 externe et un arbre d'entraînement externe et d'autre part une platine 18 interne et un arbre d'entraînement interne. On appelle « échancrure » 20 la partie des aubes 121 qui s'étend au-delà de la platine 18 respective. Dans le plan des platines
10 formant par exemple un disque, l'échancrure 20 est la partie des aubes 121 s'étendant au-delà de la platine. En d'autres termes, l'échancrure 20 de l'aube 121 est la partie de l'aube 121 (directement) en regard de la veine 12. Par ailleurs, la ou les aubes 121 sont en porte-à-faux. Une extrémité de l'aube ou des aubes 121 est en porte-à-faux. La ou les aubes 121 sont
15 uniquement tenues au bord d'attaque et libres au bord de fuite. L'extrémité n'étant pas recouverte par la platine (partie de l'aube en forme de cercle au-dessous ou en-dessous de l'aubage), l'invention permet d'optimiser le jeu.

Selon des besoins aérodynamiques à l'étage où les aubes 121 sont présentes, des lois de calages angulaires définissent les positions de calage
20 angulaire des aubes. Les aubes peuvent occuper des positions de calage angulaire extrêmes et intermédiaires. Les éléments mobiles de l'ensemble 10 peuvent couvrir des plages de variations plus ou moins importantes. Ces plages sont généralement centrées sur une position dite de zéro mécanique, située au milieu de la plage considérée de la figure 2 (position représentée
25 en traits pleins), et ce afin de limiter les déformées des pièces constitutives du mécanisme d'actionnement des aubes. Par exemple, les aubes peuvent couvrir une plage 13 de calage aérodynamique (qui traduit l'angle de la coupe de l'aube à mi-hauteur par rapport à l'axe moteur X) de -20° à $+80^\circ$ (entre les positions de pleine ouverture et de pleine fermeture d'une aube
30 représentées en pointillés sur la figure 2) autour de la position de zéro

aérodynamique. Par exemple encore, les leviers 14 peuvent couvrir une plage 15 de calage mécanique (qui traduit l'angle du levier monté sur l'aube par rapport à l'axe moteur X) de de -50° à $+50^{\circ}$ (entre les positions du levier représentées en pointillés sur la figure 2, permettant une pleine ouverture et une pleine fermeture de l'aube correspondante) autour de la position de zéro mécanique.

Du fait du calage de l'aube 121 dans la position de zéro mécanique de référence, et du fait de la géométrie de la veine 12 dans laquelle l'aube se déploie, la distance (ou jeu, appelé aussi jeu de fuite) présent entre la veine 12 et l'extrémité des aubes 121 en regard de la veine 12 (jeu de fuite sous l'échancrure 20) peut s'avérer être très importante, selon les positions de calage angulaire de l'aube 121, et en particulier aux calages extrêmes correspondants aux positions de pleine ouverture et de pleine fermeture. Par exemple, la figure 3 montre une vue schématique d'une aube présentant une distance ou jeu 22 entre la veine 12 et l'extrémité des aubes 121 en regard de la veine 12, pour un calage donné. Il s'agit du jeu sous l'échancrure 20 pour un calage donné. Il s'agit du jeu sous l'échancrure 20 dû à la pente 21 de la tangente de la veine 12 par rapport à l'axe moteur X, formant un angle 23. Cette distance ou jeu 22 varie selon la position de calage angulaire de l'aube 121 et la pente de la veine.

Pour éviter une variation du jeu (de fuite) selon les positions de calage angulaire, la veine 12 présente une conformation selon laquelle la distance entre la veine 12 et une extrémité des aubes 121 en regard de la veine 12 est constante quelle que soit la position de calage angulaire des aubes. Il s'agit en particulier de la partie (ou extrémité) de l'aube 121 en porte-à-faux. L'extrémité de l'aube en question est la partie de l'aube en regard de la veine, dans la direction de l'axe de rotation des aubes. Il s'agit de l'extrémité de l'aube en direction de la veine, selon une direction radiale – transversalement à l'axe moteur X vers l'intérieur et/ou vers l'extérieur. En d'autres termes, la hauteur du jeu sous l'échancrure 20 qui traduit la distance entre l'échancrure

20 et la veine 12 est constante. Pour un étage de stator ou redresseur, la distance entre la veine et une extrémité de chaque aube en regard de la veine est constante quelle que soit la position de calage angulaire de chaque aube. Par exemple, la figure 4 montre une vue schématique de la conformation de la veine 12 en une position de calage angulaire donnée de l'aube 121. La distance (ou jeu) est minimisée en cette position de calage angulaire. La figure 5 montre une vue schématique de la conformation de la veine 12 en une autre position de calage angulaire donnée de l'aube 121 (l'aube 121 indiquée en pointillés montrant par exemple la position de l'aube 121 de la figure 4). La distance (ou jeu) est également minimisée en cette autre position de calage angulaire. En d'autres termes, la partie (ou échancrure 20) de l'aube 121 (directement) en regard de la veine 12 est à une distance constante de la veine 12. Ainsi, quelle que soit la position de l'aube, la distance (ou jeu) est minimisée et est constante. Ceci permet d'améliorer l'écoulement de l'air et donc d'améliorer les performances de l'ensemble et donc du compresseur.

La distance constante (ou en d'autres termes, est la hauteur du jeu sous l'échancrure 20) est supérieure à 0mm et inférieure ou égale à 5mm. Ceci permet en particulier d'améliorer l'écoulement de l'air. Ceci permet d'avoir un compromis entre la qualité de l'écoulement de l'air et le jeu de montage des aubes 121.

Selon un mode de réalisation, le recouvrement de l'aube 121 par rapport à la platine 18 (qui traduit la proportion de l'échancrure 20 par rapport à l'aube 121) est compris entre 30% et 90%. Ainsi, on peut envisager qu'une partie de l'extrémité de l'aube 121 soit recouverte par la platine 18, le reste de l'extrémité de l'aube 121 soit en regard de la veine avec une distance constante. La platine 18 peut former un tronçon de la paroi de la veine 12.

La veine 12 peut avoir une structure annulaire autour de l'axe moteur X. Sur la figure 4 par exemple, la veine 12 a donc une paroi externe 12a et une paroi interne 12b formant la structure annulaire autour de l'axe moteur

X. La paroi externe 12a est la paroi formant la structure annulaire en position plus à l'extérieur selon une direction radiale. La paroi interne 12b est la paroi formant la structure annulaire en position plus à l'intérieur selon une direction radiale. L'ensemble peut comprendre en outre une ou plusieurs viroles
5 autour de l'axe moteur (et le long de l'axe moteur). Les viroles facilitent la fabrication de la veine 12 et le positionnement des aubes dans la veine. La ou les viroles supportent chacune une ou plusieurs aubes 121 dans le flux d'air. La ou les viroles supportent une ou plusieurs rangées d'aubes ou en d'autres termes, un ou plusieurs étages d'aubes. La ou les viroles forment
10 chacune un tronçon de paroi interne 12a ou un tronçon de paroi externe 12b de veine. En d'autres termes, l'ensemble comprend des viroles internes et externes. L'angle 23 (visible sur la figure 3) entre l'axe moteur X et la veine 12 au niveau de la ou des viroles (qui traduit l'angle entre la tangente de la veine située au début de l'échancrure, à l'endroit où l'aube sort de la platine
15 18, par rapport à l'axe moteur X) est compris entre $+45^\circ$ et -45° . La conformation de la veine en cette position est telle que la distance constante peut être entre une extrémité de l'aube 121 et la virole interne ou la virole externe, voire, de préférence entre une extrémité de l'aube et la virole interne et l'autre extrémité de l'aube et la virole externe. Ainsi, le jeu est minimisé et
20 est constant de part et d'autre de l'aube 121, selon une direction radiale (parallèlement à l'axe de rotation de l'aube).

Les viroles externes peuvent être des viroles annulaires et/ou des viroles en demi-coquille – selon la position des viroles autour et le long de la veine 12. Les viroles internes peuvent être des viroles annulaires en deux
25 parties (amont et aval) et/ou des viroles sectorisées avec assemblage par anneau d'abradable (notamment utilisé dans le cadre d'assemblage demi-coquille). La forme de la veine 12 au niveau de la virole externe (qu'elle soit annulaire ou demi-coquille) ou de la virole interne (qu'elle soit annulaire ou sectorisée) correspond à une révolution de la coupe de la veine 12 autour de
30 l'axe moteur X.

La figure 6 est une vue schématique de dessus d'une aube 121 et de sa platine 18. La particularité des aubes 121 de type VSV est qu'elles pivotent sur leur axe de rotation par rapport à la veine 12. La position de zéro mécanique théorique est représentée au centre en traits pleins, et les positions extrêmes de pleine ouverture et de pleine fermeture sont représentées de part et d'autre. Ainsi, la veine 12 comporte une zone 24 en regard d'une extrémité de l'aube 121. La zone 24 correspond à la plage de calage, c'est-à-dire à une surface de la veine 12 balayée par l'aube 121 entre ses différentes positions angulaires. L'optimisation peut être faite sous l'échancrure de l'aube à partir du moment où celle-ci se déploie en dehors de la platine. La zone 24 est une portion arrondie aval correspondant à un cercle centré sur l'axe de rotation des aubes et avec un rayon correspondant à la distance entre l'axe des aubes et leur bord de fuite. La veine comporte une conformation dans cette zone 24 selon laquelle la distance entre la veine et l'extrémité de l'aube 121 en regard de la veine est constante quelle que soit la position de calage angulaire de l'aube 121. Les positions extrêmes correspondent aux angles maximum et minimum du calage VSV. La distance entre la veine et une extrémité des aubes en regard de la veine est constante quelle que soit la position de calage angulaire des aubes entre la position angulaire de pleine ouverture et la position angulaire de pleine fermeture. Le façonnage (ou countouring ou travail) de la veine, de façon locale, permet de réduire le jeu de fuite en fonctionnement. Le façonnage (ou countouring) permet d'optimiser le jeu de fuite sous l'échancrure. D'un point de vue aérodynamique, l'invention permet de limiter et d'optimiser ce jeu, ce qui augmente les performances. D'un point de vue de l'intégration mécanique, le jeu sous l'échancrure 22 est évalué au nominal sur l'ensemble de la plage de calage visible sur la figure 6, dans la zone 24. Le jeu prend en compte également les chaines de cotes pour éviter qu'il y ait un contact entre l'aube 121 et la zone 24 – voire entre l'aube 121 et les viroles sur la plage de calage considérée. La distance constante entre 0 et 5mm remplit particulièrement

un tel besoin. La veine sous forme de révolution a une conformation dans la zone 24 pour conserver des jeux suffisants aux positions de calage les plus critiques (telles que les positions extrêmes de calage).

La figure 7 montre une vue schématique de la figure 6 sans les aubes.

- 5 La figure 7 montre la ou les conformations 26 de la veine pour obtenir une distance constante entre la veine et une extrémité de l'aube en regard de la veine. Le cas échéant, le tronçon de paroi de veine considéré sur la figure 7 peut être sur la virole interne et/ou externe. Les caractéristiques « veine » et « virole » sont interchangeableables – la virole formant la veine.
- 10 Sur la figure 7, la veine est façonnée, travaillée pour adapter la forme de la veine à la position de calage angulaire de l'aube 121. La ou les conformations peuvent être en creux ou en bosse. La ou les conformations 26 peuvent être par ajout de matière ou retrait de matière à la veine – ou plus spécifiquement à la ou les viroles, internes et/ou externes. Les conformations
- 15 26 correspondent à des lignes de profondeur ou d'élévation de la surface de la veine en regard de l'extrémité de l'aube. Les conformations peuvent être par exemple une marche, un dôme ou un cratère. La conformation 261 correspond à la conformation de la veine en regard de l'aube 121 en position de zéro mécanique. Par exemple, il s'agit d'un retrait de matière. Les
- 20 conformations 262, 263 correspondent à la conformation de la veine en regard de l'aube 121 en positions extrêmes – possiblement avec un ajout de matière. Les conformations 264 sont les conformations en bordure de zone 24. Les conformations 264 peuvent présenter une forme de marche. Ainsi, la forme de la veine est adaptée pour chaque calage de la forme de
- 25 l'échancrure et de la plage de calage.

- La zone 24 peut être définie par un rayon aval correspondant à l'arc de cercle ayant comme rayon la distance entre l'axe de rotation de l'aube 121 fixe et le bord de fuite et étant centré sur l'axe de rotation. Il s'agit des traces du bord de fuite possibles. La zone 24 peut être définie par un rayon amont
- 30 correspondant à l'arc de cercle ayant comme rayon le rayon de platine 18 et

étant centré sur l'axe de rotation de l'aube 121 fixe. La zone 24 peut être définie par une plage angulaire correspondant à une plage de variation maximum de l'aube, telle que la plage 13. Les conformations peuvent être dans cette zone 24 définie par l'un et/ou l'autre de ces paramètres géométriques, mais peuvent aussi en dépasser (légèrement) pour créer des raccords si nécessaire.

La conformation donnée à la veine dans la zone 24 n'est pas simplement une marche avec une hauteur de veine constante, mais une adaptation de la forme de veine pour chaque calage des aubes. La conformation est fonction de la pente de veine 12, de la forme de l'extrémité des aubes en regard de la veine (forme de l'échancrure 20 - qui n'est pas nécessairement plane) et de la plage de calage des aubes. On obtient des coupes de veine différentes entre chaque calage.

La conformation de la veine pour obtenir la distance constante entre l'aube et la veine, ou plus spécifiquement entre l'extrémité de l'aube et une virole, s'applique à la ou les viroles – aussi bien à la virole externe qu'à la virole interne. Une adaptation de la fabrication est opérée selon l'architecture considérée. La zone 24 correspond à la zone dans laquelle la virole peut être conformée.

Pour une virole externe annulaire, la veine formée par cette pièce peut être réalisée en tournage avec des intervalles de tolérances faibles. La réalisation de façonnage (ou countouring) pour obtenir la conformation 26 appropriée peut impliquer des opérations de fraisage pour réaliser les conformations souhaitées. Ces opérations de fabrication sont données à titre d'exemples de fabrication. Il pourrait aussi s'agir d'une fabrication additive, par soudure, etc.

Pour une virole externe en demi-coquille, la veine formée par cette pièce peut être réalisée en tournage (généralement après découpe et réassemblage de la demi-coquille). Les mêmes conclusions entre tournage

et fraisage (et autres opérations de fabrication) citées pour la virole externe annulaire sont donc d'application.

Pour une virole interne annulaire en deux parties (amont et aval), la veine formée par cette pièce peut être réalisée en tournage (généralement après usinage et assemblage des viroles amont-aval). Les mêmes conclusions entre tournage et fraisage (et autres opérations de fabrication) citées pour la virole externe annulaire sont donc d'application également.

Pour une virole interne sectorisée, les secteurs formant la veine peuvent être fraisés. Ainsi, le coût de l'usinage particulier du countouring n'a pas un impact important sur les coûts d'usinage globaux. Avec une telle virole sous forme de pièces métalliques, le gain aérodynamique représenté par la mise en place d'un countouring est donc particulièrement intéressant. D'autres opérations de fabrication sont possibles, comme la fabrication additive, par soudure, etc.

Ainsi, l'invention permet de partir de la surface de révolution de la veine et de modifier, travailler localement la veine en regard de l'aube en fonction du calage de l'aube pour garder un jeu minimum quelle que soit la position de calage. Ceci est applicable pour une virole interne ou externe. Selon les considérations citées ci-dessus, l'application de la conformation de la veine sur des viroles sectorisées en métal ou en composite est particulièrement avantageuse. D'autres matériaux sont envisageables.

La conformation de la veine permet d'adapter le jeu sous l'échancrure de l'aube 121 (et dans l'environnement, tel que cela apparaît dans la zone 24) en fonction du calage afin d'optimiser les performances de l' Aubage. Par ailleurs, selon l'étage des aubes à calage variable (VSV) considéré, et en particulier dans le cadre de viroles internes sectorisées. Il est aussi possible de mettre en œuvre des secteurs en composite dont les propriétés sont compatibles avec les propriétés de matériau utilisé pour réaliser les douilles entre les aubes et les viroles sur les étages VSV. Ceci permet aux secteurs de donner la forme de veine, mais également de résister à l'usure afin que

les secteurs remplacent avantageusement les douilles dans le cadre du montage.

Un avantage de l'ensemble est d'optimiser le jeu de fuite sous les échancrures 20 d'aubes à calage variable (VSV). Un autre avantage est d'améliorer des performances aérodynamiques au niveau de l'échancrure des aubes à calage variable (VSV). L'invention permet aussi de diminuer les coûts de fabrication de l'ensemble, notamment dans le cadre des viroles internes sectorisées.

L'invention se rapporte aussi à un procédé de fabrication de l'ensemble redresseur pour compresseur de turbomachine d'aéronef. Le procédé comprend une étape de conformation de la veine telle que la distance entre la veine et une extrémité des aubes en regard de la veine est constante quelle que soit la position de calage angulaire des aubes. La conformation de la veine est réalisée pour chaque plage de positions de calage angulaire des aubes. Les mêmes modes de réalisation et avantages que précédemment décrits s'appliquent au procédé.

L'invention s'applique en particulier à une turbomachine et un compresseur basse pression (situé en aval de la soufflante 110 et en amont d'un compresseur haute pression 130 / chambre de combustion 160). En particulier, un compresseur basse pression peut se distinguer d'un compresseur haute pression par le fait que l'arbre sur lequel le compresseur est en lien avec la turbine est différent. Il est à noter que le domaine d'application implique que le compresseur basse pression peut être situé sur le même arbre que la soufflante, ou pas. La turbomachine peut donc posséder ou non une boîte de vitesse.

La présente invention a été décrite en relation avec des modes de réalisations spécifiques, qui ont une valeur purement illustrative et ne doivent pas être considérés comme limitatifs. D'une manière générale, il apparaîtra évident pour un homme du métier que la présente invention n'est aucunement limitée aux exemples illustrés et/ou décrits ci-dessus.

Revendications

1. Ensemble (10) redresseur pour compresseur de turbomachine d'aéronef, l'ensemble s'étendant autour d'un axe moteur (X) dirigé d'amont vers aval, entre une extrémité amont d'entrée d'air et une
5 extrémité aval de sortie d'air, l'ensemble comprenant
 - une veine (12) de flux d'air entre l'extrémité amont d'entrée et l'extrémité aval de sortie d'air,
 - des aubes (121) s'étendant dans le flux d'air, les aubes étant à calage variable autour d'un axe de rotation selon des positions de
10 calage angulaire,la veine (12) ayant une conformation (26) selon laquelle la distance entre la veine et une extrémité des aubes (121) en regard de la veine est constante quelle que soit la position de calage angulaire des aubes (121).
15
2. Ensemble (10) selon la revendication 1, dans lequel la distance constante est supérieure à 0mm et inférieure ou égale à 5mm.
3. Ensemble (10) selon la revendication 1 ou 2, comprenant en outre
20 des arbres d'entraînement des aubes (121) autour de l'axe de rotation et des platines (18) reliant les aubes (121) à l'arbre d'entraînement respectif, les aubes (121) s'étendant au-delà de la platine (18) respective,
la distance constante entre la veine (12) et l'extrémité des aubes en
25 regard de la veine (12) étant au-delà de la platine.
4. Ensemble (10) selon la revendication précédente, dans lequel le recouvrement des aubes (121) par rapport à la platine (18) respective est compris entre 30% et 90%.

5. Ensemble (10) selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre une ou plusieurs viroles le long de l'axe moteur, la ou les viroles supportant chacune une ou plusieurs aubes (121) dans le flux d'air et formant chacune un tronçon de paroi de veine (12),
la distance constante étant entre une virole formant un tronçon de paroi de veine (12) et l'extrémité des aubes (121) en regard de la virole formant un tronçon de paroi de veine (12).
6. Ensemble (10) selon la revendication précédente, dans lequel la veine (12) a une paroi interne et une paroi externe formant une structure annulaire autour de l'axe moteur, la ou les viroles formant un tronçon de la paroi interne et/ou la paroi externe.
7. Ensemble (10) selon l'une des revendications 5 ou 6, dans lequel l'angle entre l'axe moteur (X) et la veine (12) au niveau de la ou des viroles est compris entre $+45^\circ$ et -45° .
8. Ensemble (10) selon l'une des revendications 5 à 7, dans lequel les viroles sont des viroles demi-coquille, des viroles annulaires, ou des viroles sectorisées.
9. Ensemble (10) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les aubes (121) sont mobiles entre une position angulaire de pleine ouverture et une position angulaire de pleine fermeture, la distance entre la veine (12) et une extrémité des aubes en regard de la veine (12) est constante quelle que soit la position de calage angulaire des aubes entre la position angulaire de pleine ouverture et la position angulaire de pleine fermeture.

10. Ensemble (10) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la conformation (26) est dans une zone (24) définie par
- un rayon aval correspondant à un arc de cercle ayant comme rayon une distance entre un axe de rotation de l'aube et un bord de fuite et étant centré sur l'axe de rotation, et/ou
 - un rayon amont correspondant à un arc de cercle ayant comme rayon un rayon de platine et étant centré sur un axe de rotation de l'aube, et/ou
 - une plage angulaire correspondant à une plage de variation maximum de l'aube, entre des positions de pleine ouverture et de pleine fermeture d'une aube.
11. Compresseur (120) de turbomachine d'aéronef comprenant l'ensemble (10) de turbomachine d'aéronef selon l'une des revendications 1 à 10, le compresseur étant de type basse pression.
12. Turbomachine d'aéronef (100) comprenant un compresseur selon la revendication précédente.
13. Un procédé de fabrication d'un ensemble (10) redresseur pour compresseur de turbomachine d'aéronef, l'ensemble comprenant une veine (12) de flux d'air et des aubes (121) s'étendant dans le flux d'air, les aubes étant à calage variable autour d'un axe de rotation selon des positions de calage angulaire,
- Le procédé comprenant une étape de conformation de la veine (12) telle que la distance entre la veine (12) et une extrémité des aubes en regard de la veine (12) est constante quelle que soit la position de calage angulaire des aubes.

14. Le procédé selon la revendication précédente, dans lequel la conformation de la veine (12) est réalisée pour chaque plage de positions de calage angulaire des aubes (121).
- 5 15. Le procédé selon l'une des revendications 13 ou 14, dans lequel la conformation est en fonction de la pente de veine (12), de la forme de l'extrémité des aubes (121) en regard de la veine et de la plage de calage des aubes.
- 10 16. Le procédé selon la revendication 13 à 15, le procédé comprenant une étape d'assemblage de viroles le long de l'axe moteur, la ou les viroles supportant chacune une ou plusieurs aubes (121) dans le flux d'air et formant chacune un tronçon de paroi de veine (12), la conformation de la veine (12) comprenant un ajout et/ou retrait de
- 15 matière à la ou les viroles.

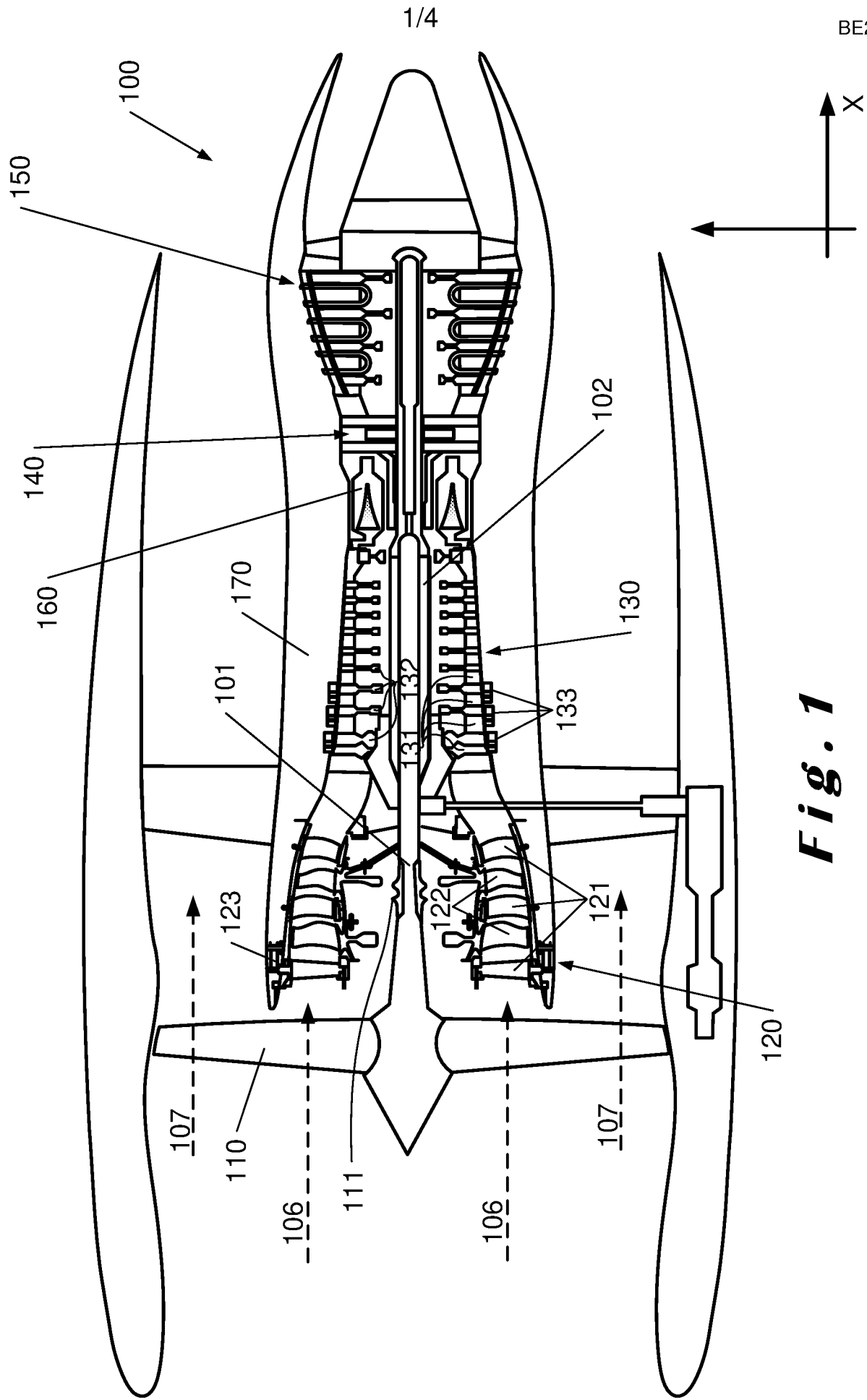
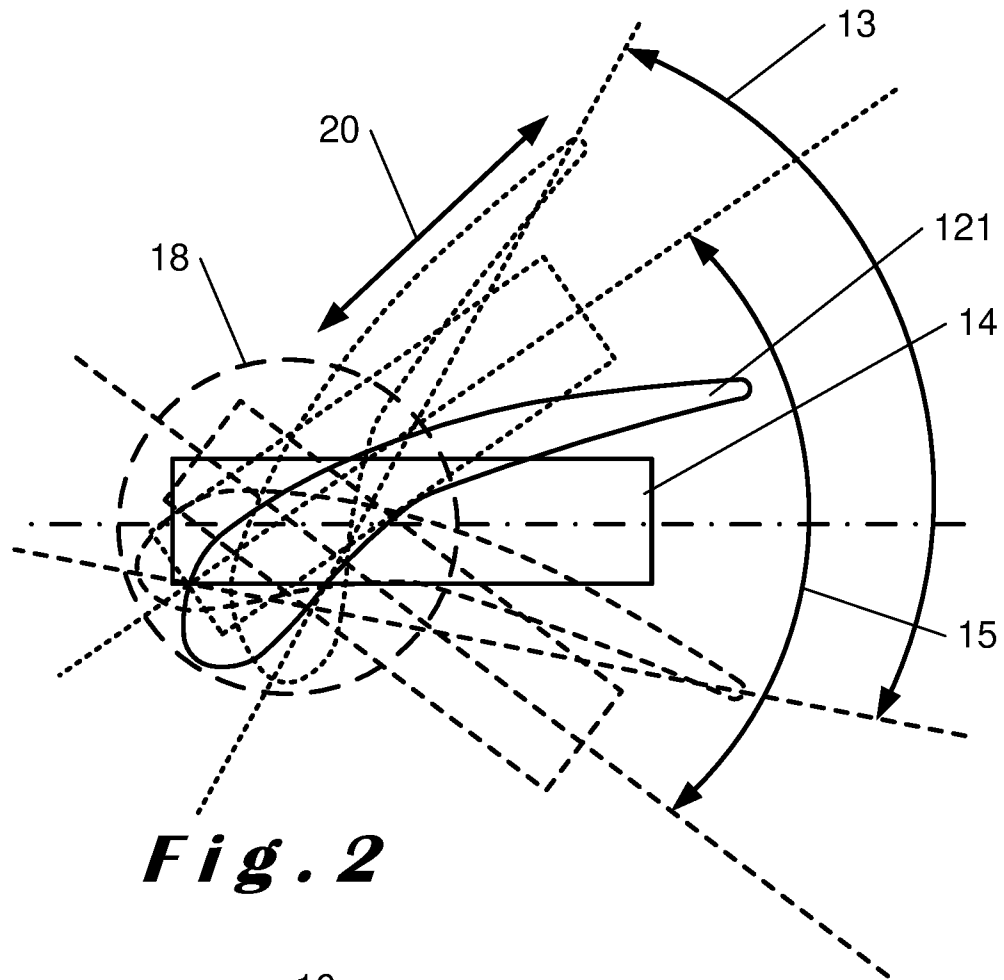
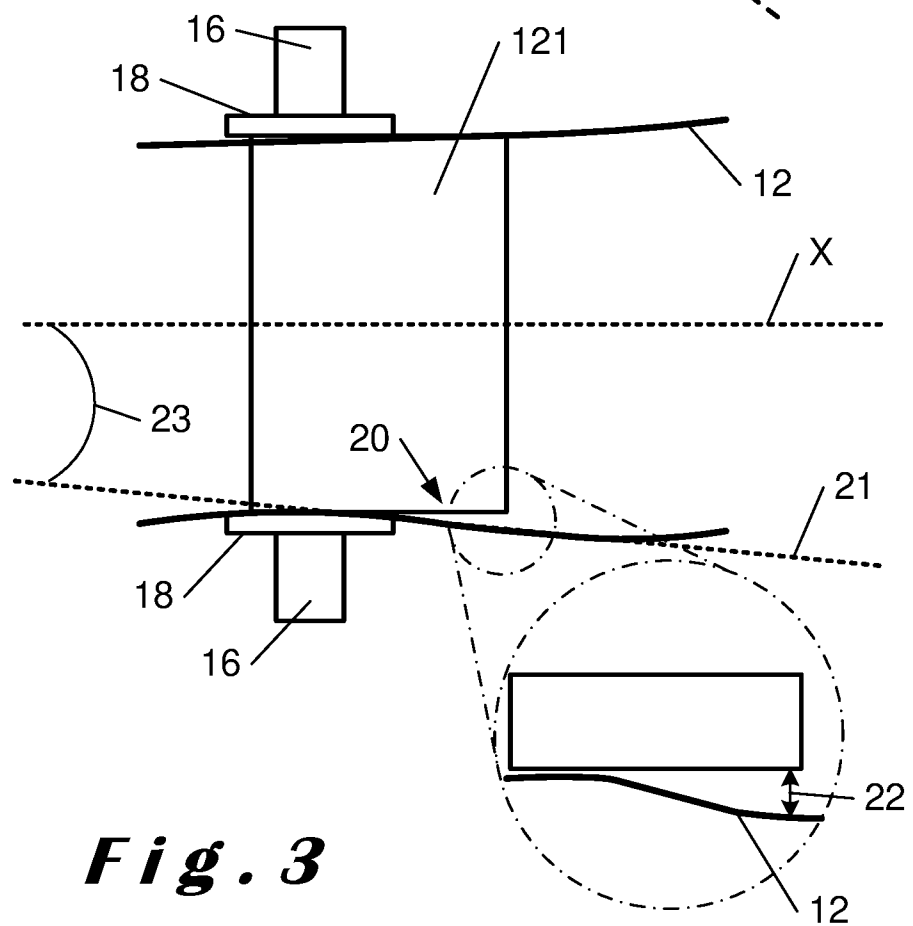
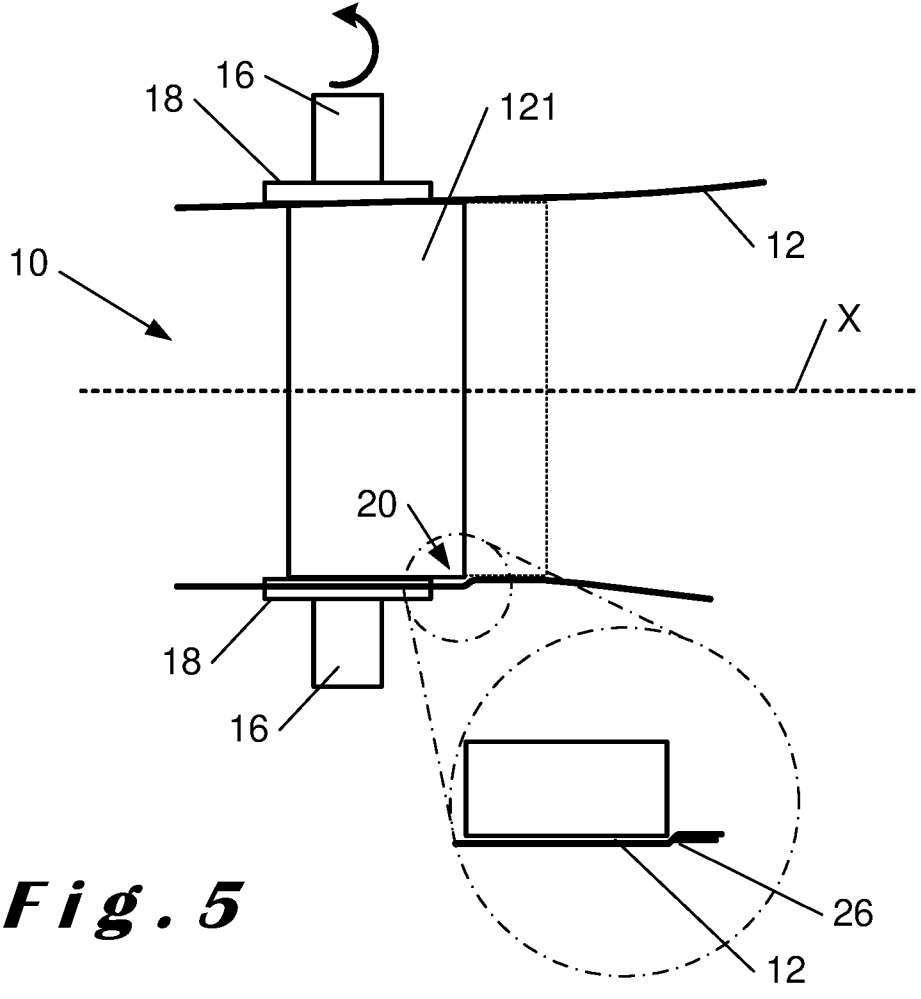
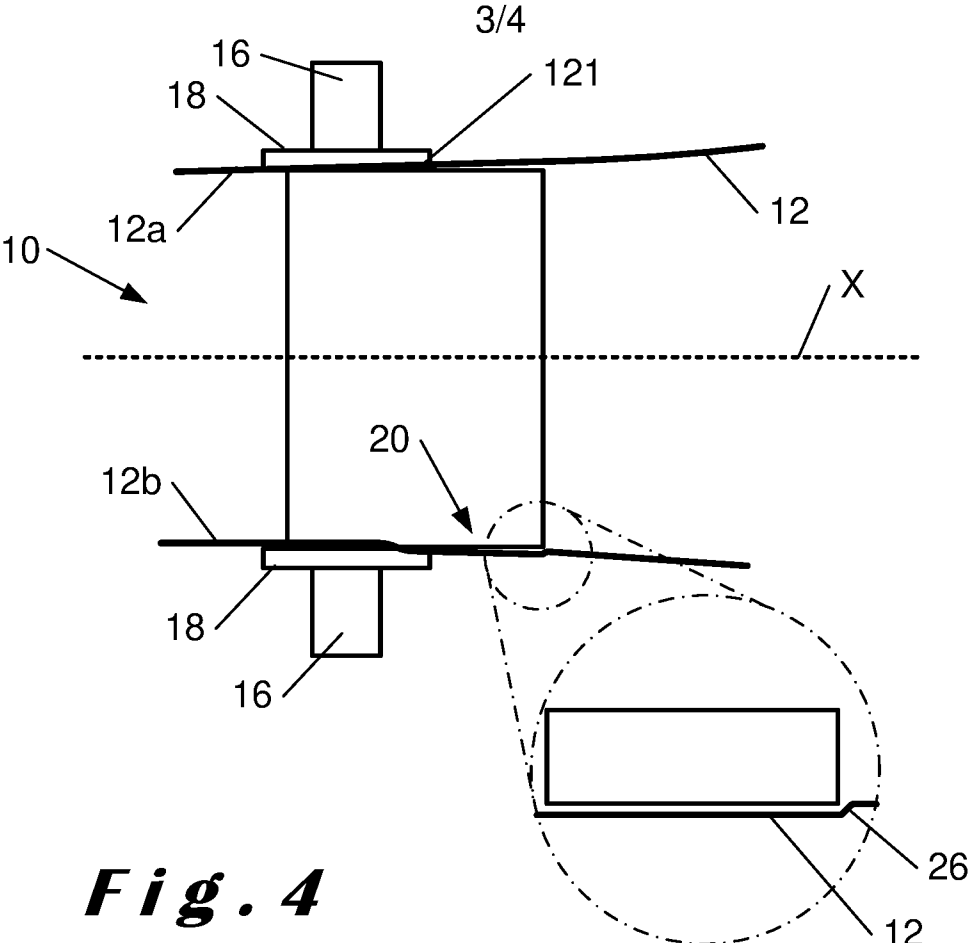
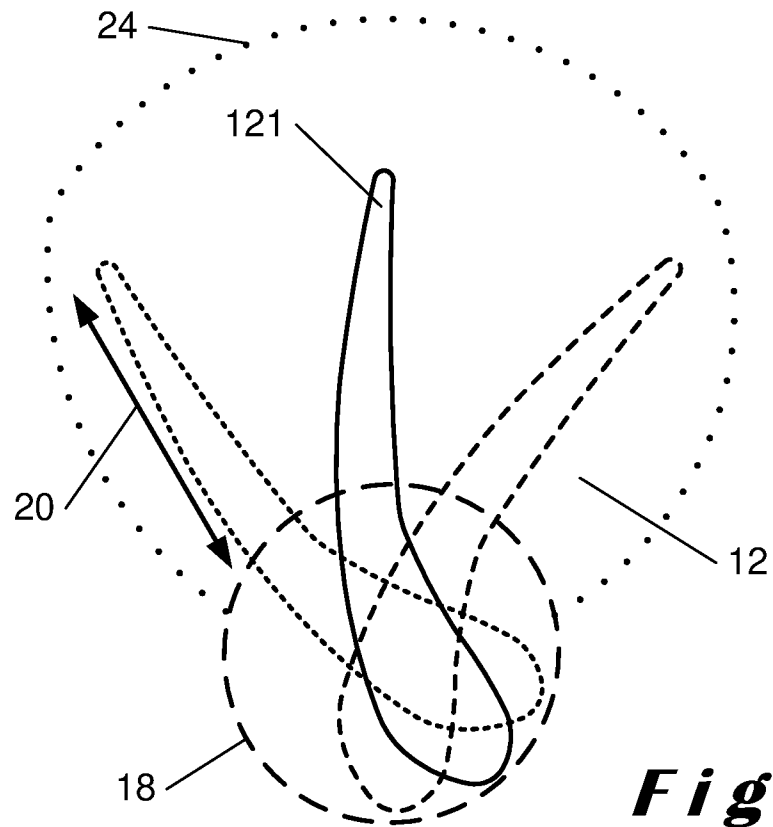
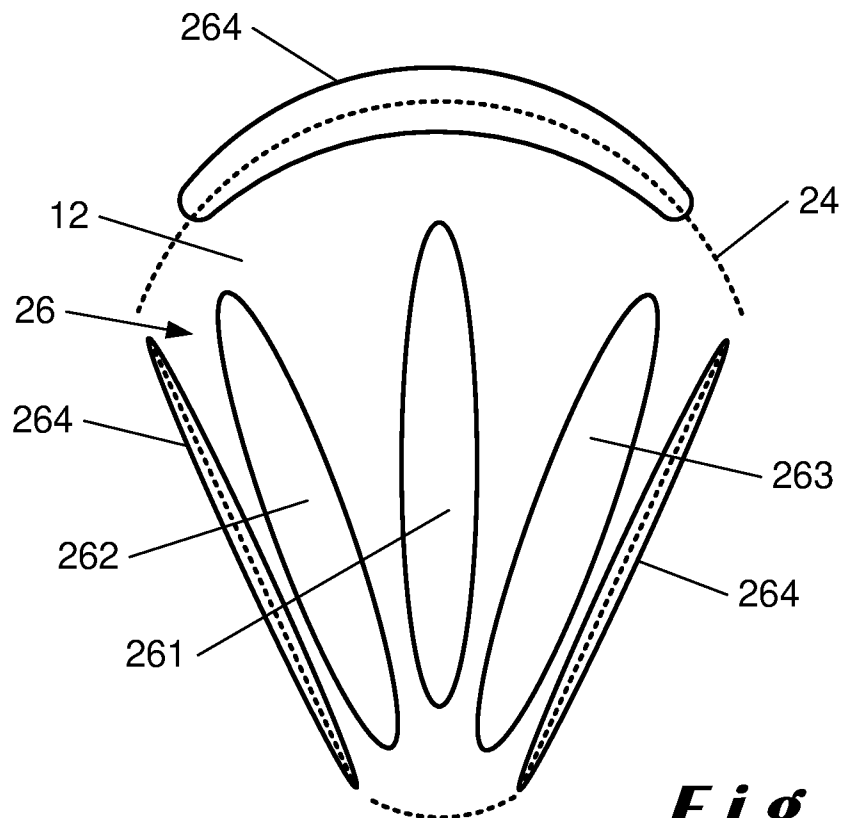


Fig. 1

**Fig. 2****Fig. 3**



**Fig. 6****Fig. 7**

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL ÉTABLI EN VERTU DE L'ARTICLE XI.23., §10 DU CODE DE DROIT ÉCONOMIQUE BELGE

IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE	REFERENCE DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE
	PAT2616596BE00
Demande nationale belge n°	Date du dépôt
202305872	20-10-2023
	Date de priorité revendiquée
Déposant (Nom)	
SAFRAN AERO BOOSTERS	
Date de la requête d'une recherche de type international	Numéro attribué par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international
28-10-2023	SN85003
I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)	
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB	
Voir rapport de recherche	
II. DOMAINES RECHERCHES	
Documentation minimale consultée	
Système de classification	Symboles de la classification
IPC	Voir rapport de recherche
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés	
III. ☐ IL A ÉTÉ ESTIMÉ QUE CERTAINES REVENDICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)	
IV. ☐ ABSENCE D'UNITÉ DE L'INVENTION ET/OU CONSTATATION RELATIVE À L'ÉTENDUE DE LA RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)	

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

BE 202305872

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F04D29/16 F04D29/52 F04D29/56 F01D5/14 F01D17/16 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F04D F01D		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie °	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2015/275916 A1 (MARSHALL ANDREW R [CA] ET AL) 1 octobre 2015 (2015-10-01) * revendications 1, 9, 10, 11, 12, 17, 18; figures 1-8 * * alinéas [0018], [0020], [0021], [0031], [0041], [0043], [0044] * -----	1-16
X	US 2015/176418 A1 (MARSHALL ANDREW R [CA]) 25 juin 2015 (2015-06-25) * revendication 1; figures 1-10 * * alinéas [0021], [0023], [0024], [0037] * -----	1-16
X	CN 114 458 619 A (COLLECTIVE UNIV) 10 mai 2022 (2022-05-10) * revendications 1, 5; figures 3, 4 * -----	1, 2, 9, 13-15
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
° Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée 2 mai 2024		Date d'expédition du rapport de recherche de type international
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Brouillet, Bernard

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n

BE 202305872

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2015275916 A1	01-10-2015	CA 2884200 A1	28-09-2015
		US 2015275916 A1	01-10-2015
		US 2017074285 A1	16-03-2017
US 2015176418 A1	25-06-2015	CA 2870261 A1	19-06-2015
		US 2015176418 A1	25-06-2015
CN 114458619 A	10-05-2022	CN 114458619 A	10-05-2022
		LU 503361 B1	17-07-2023



OPINION ÉCRITE

Dossier N° SN85003	Date du dépôt(jour/mois/année) 20.10.2023	Date de priorité (jour/mois/année)	Demande n° BE202305872
Classification internationale des brevets (CIB) INV. F04D29/16 F04D29/52 F04D29/56 F01D5/14 F01D17/16			
Déposant SAFRAN AERO BOOSTERS			

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- ☒ Cadre n° I Base de l'opinion
- ☐ Cadre n° II Priorité
- ☐ Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- ☐ Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- ☒ Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- ☐ Cadre n° VI Certains documents cités
- ☐ Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- ☒ Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

Formulaire BE237A (feuille de couverture) (Juillet 2022)	Examineur Brouillet, Bernard
--	---------------------------------

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE202305872

Cadre n° I Base de l'opinion

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.
2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, la présente opinion a été effectuée sur la base d'un listage des séquences
 - a. ☐ faisant partie de la demande telle que déposée.
 - b. ☐ remis postérieurement à la date du dépôt aux fins de la recherche,
☐ accompagné d'une déclaration selon laquelle le listage des séquences ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée.
3. ☐ En ce qui concerne la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés divulguées dans la demande, la présente opinion a été effectuée dans la mesure où une opinion valable pouvait être formulée en l'absence d'un listage des séquences conforme à la norme ST.26 de l'OMPI.
4. Commentaires complémentaires :

Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui :	Revendications	4, 8
	Non :	Revendications	1-3, 5-7, 9-16
Activité inventive	Oui :	Revendications	
	Non :	Revendications	1-16
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-16
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

voir feuille séparée

Ad point V

Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle ; citations et explications à l'appui de cette déclaration

Il est fait référence aux documents suivants :

- D1** US 2015/275916 A1 (MARSHALL ANDREW R [CA] ET AL) 1 octobre 2015 (2015-10-01)
- D2** US 2015/176418 A1 (MARSHALL ANDREW R [CA]) 25 juin 2015 (2015-06-25)
- D3** CN 114 458 619 A (COLLECTIVE UNIV) 10 mai 2022 (2022-05-10)

- 1 La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication 1 n'étant pas nouveau.
- 1.1 **D1** divulgue, à la figure 1 et dans le texte afférent aux alinéas 0018 à 0021, un ensemble redresseur pour compresseur de turbomachine d'aéronef, l'ensemble s'étendant autour d'un axe moteur dirigé d'amont vers aval, entre une extrémité amont d'entrée d'air et une extrémité aval de sortie d'air, l'ensemble comprenant
- une veine de flux d'air entre l'extrémité amont d'entrée et l'extrémité aval de sortie d'air,
 - des aubes s'étendant dans le flux d'air, les aubes étant à calage variable autour d'un axe de rotation selon des positions de calage angulaire (fig. 1 et alinéas §0018 à §0021),
- la veine ayant une conformation selon laquelle la distance entre la veine et une extrémité des aubes en regard de la veine est constante quelle que soit la position de calage angulaire des aubes (fin de la revendication 1, figures 2 à 8).
- 1.2 Chacun des documents **D2** et **D3** divulgue également une configuration ayant toutes les caractéristiques de la revendication 1. Voir les passages cités dans le rapport de recherche.

- 2 La revendication de procédé 13 correspond à la revendication 1 et n'est donc pas non plus nouvelle.
- 3 Les revendications dépendantes 2-12 et 14-16 ne contiennent pas de caractéristiques qui satisfassent aux exigences de nouveauté et/ou d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées.
- 3.1 La revendication 2 (distance 0 à 5 mm) est anticipée par **D3**, voir la phrase suivante qui se trouve à environ 60% de la description: "Usually, the gap between the blade and the hub is as small as possible, for example, less than 1 mm, to Reduce leaks.". La revendication 2 n'est pas non plus inventive au vu de chacun des documents **D1** et **D2** car elle spécifie une plage de valeurs parfaitement usuelles.
- 3.2 Les revendications 3 (arbres + platines), 5 (virole), 6 (paroi = virole) et 7 (compresseur axial) sont anticipées par chacun des documents **D1** et **D2**. Les platines sont visibles dans presque toutes les figures, la figure 5 de **D2** dévoile une platine au niveau du moyeu et au niveau du carter, les arbres pivots sont implicitement présents, une veine aubagée de compresseur est pratiquement toujours constituée de viroles, la paroi est donc toujours une paroi de virole, et la plage d'angles spécifiée par la revendication 7 est si large qu'elle couvre tout compresseur axial.
- 3.3 La revendication 4, comprise comme "recouvrement entre aube et platine correspond à 30% à 90% de la corde (voir objections 4.1 et 4.2 ci-dessous), et la revendication 8 (alternatives constructives de viroles), ne sont pas inventives au vu de chacun des documents **D1** et **D2**. Elles ne spécifient que des mesures usuelles pour la personne du métier.
- 3.4 La revendication 9 (distance constante quelle que soit la position angulaire) est anticipée par chacun des documents **D1-D3**. Dans **D1**, voir §0031, "constant throughout the range of travel of the pivoting variable vane". Dans **D2**, voir la revendication 13, "constant throughout said range of rotation of the variable vane". Dans **D3**, c'est la méthode de dimensionnement (utilisation des traces d'une tête d'aube lors de différentes rotations) qui implique l'anticipation de la revendication 9.

- 3.5 La revendication 10 (minimum de la zone de conformation) est implicitement anticipée par chacun des documents **D1** et **D2**. Il ne peut pas en être autrement que spécifié par la revendication.
- 3.6 Les revendications 11 (CBP) et 12 (moteur) sont anticipées par chacun des documents **D1** et **D2**. Voir la figure 1 et le texte afférent.
- 3.7 La revendication 14 ("chaque plage") est anticipée par chacun des documents **D1-D3**, voir les explications données au point 3.4 pour la revendication 9.
- 3.8 La revendication 15 (dépendance par rapport à pente, forme d'aube, plage de calage) est implicitement anticipée par chacun des documents **D1-D3**. Comme pour la revendication 10, il ne peut pas en être autrement que spécifié par la revendication.
- 3.9 La revendication 16 (ajout ou retrait de matière) est anticipée par chacun des documents **D1** et **D2**. **D1** divulgue l'ajout de matière par fabrication additive ou par ajout d'un insert, et **D2** divulgue le retrait de matière par usinage. Voir les passages cités dans le rapport de recherche.

Ad point VIII

Certaines observations relatives à la demande (clarté)

- 4 Les revendications 4, 10 et 14 ne sont pas claires.
- 4.1 La revendication 4 n'est pas claire car la référence des pourcentages n'est pas (clairement) spécifiée: Pourcentage de quoi ? L'expression "par rapport à la platine" suggère que la référence est la platine. Dans ce cas, est-ce que la référence est le diamètre de la platine ? Il paraît cependant plus intuitif pour la personne du métier de considérer comme référence des pourcentages la corde de l'aube.
- 4.2 La revendication 4 n'est pas claire car il n'est pas clair à quoi se réfère l'expression "le recouvrement des aubes par rapport à la platine respective". Est-ce simplement "le recouvrement des aubes par la platine respective" ? En d'autre termes, s'agit-il du recouvrement entre l'aube et la platine respective lorsque l'on regarde dans la direction de l'axe de rotation de l'aube ?
- 4.3 La revendication 10 se réfère à un rayon de platine et les platines sont introduites par la revendication 3. La revendication 10 ne peut donc pas dépendre de la revendication 1.

- 4.4 La revendication 14 n'est pas claire car elle se réfère implicitement à une pluralité de plages de positions de calage et une telle pluralité n'a pas été introduite auparavant. La personne du métier considère spontanément qu'il n'y a qu'une seule plage.