

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION BELGE

(41) Date de publication : 25/06/2025

(21) Numéro de demande : BE2023/5983

(22) Date de dépôt : 01/12/2023

(62) Divisée de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : F01D 5/14

(30) Données de priorité :

(71) Demandeur(s) :

SAFRAN AERO BOOSTERS

SA
4041, HERSTAL
Belgique

(72) Inventeur(s) :

PRINCIVALLE Rémy Henri Pierre

4041 HERSTAL
Belgique

FOERSTER Pierre-Jean

4041 HERSTAL
Belgique

BABIN Cedric

1640 RHODE-SAINT-GENESE
Belgique

EL HIMER Mehdi

1640 RHODE-SAINT-GENESE
Belgique

FONTANETO Fabrizio

1640 RHODE-SAINT-GENESE
Belgique

LECLERCQ Kevin

1640 RHODE-SAINT-GENESE
Belgique

(54) ENSEMBLE DE TURBOMACHINE ET TURBOMACHINE

(57) La présente invention concerne un ensemble de turbomachine d'aéronef comprenant un moins une rangée d'aubes à calage variable ; en aval de la rangée d'aubes à calage variable, un compresseur avec au moins une aube (121), l'aube comprenant un intrados (16) et un extrados (18), une épaisseur entre l'intrados (16) et l'extrados (18), un bord d'attaque (22) et un bord de fuite (24), une corde (26) s'étendant entre le bord d'attaque et le bord de fuite, l'aube étant apte à s'étendre dans une veine (12) de flux d'air, l'aube présentant entre le bord d'attaque et le bord de fuite une évolution de l'épaisseur, l'aube étant telle que l'épaisseur maximale est positionnée avant 25% de la corde depuis le bord d'attaque. L'invention se rapporte aussi à une turbomachine d'aéronef.

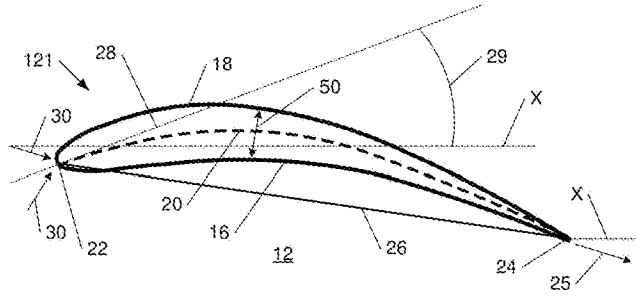


Fig. 2

Ensemble de turbomachine et turbomachine

Domaine technique

L'invention concerne un ensemble de turbomachine et une turbomachine.

5 Art antérieur

Les turbomachines d'aéronef sont équipées d'aubes qui sont déterminantes pour la qualité de leur fonctionnement. Certaines aubes peuvent être orientables. Ces aubes sont à calage variable. En aval de ces aubes à calage variable dans le sens d'écoulement du flux d'air, les
10 turbomachines peuvent en outre comprendre un compresseur muni d'aubes. Ces aubes subissent d'importantes variations de l'incidence du flux d'air en raison de la présence des aubes à calage variable en amont.

Il y a donc un besoin pour un ensemble de turbomachine dont au moins certaines aubes sont en mesure de supporter de grandes variations de
15 l'incidence du flux d'air.

Résumé de l'invention

À cet effet, cette invention propose un ensemble de turbomachine d'aéronef comprenant

- Au moins une rangée d'aubes à calage variable,
- 20 - En aval de la rangée d'aubes à calage variable, un compresseur avec au moins une aube, l'aube comprenant un intrados et un extrados, une épaisseur entre l'intrados et l'extrados, un bord d'attaque et un bord de fuite, une corde s'étendant entre le bord d'attaque et le bord de fuite, l'aube étant apte à s'étendre dans une veine de flux d'air, l'aube présentant entre le bord
25 d'attaque et le bord de fuite une évolution de l'épaisseur, l'aube étant telle que l'épaisseur maximale est positionnée avant 25% de la corde depuis le bord d'attaque.

Selon une variante, l'épaisseur est considérée à une hauteur de l'aube dans la veine comprise entre 0 et 50%.

Selon une variante, l'épaisseur est considérée à une hauteur de l'aube dans la veine correspondant à la paroi interne de la veine et/ou à 1/5 de la
5 hauteur de l'aube dans la veine et/ou à 50% de la hauteur de l'aube dans la veine.

Selon une variante, 80% de l'épaisseur maximale, de préférence 90%, sont atteints avant 10% de la corde depuis le bord d'attaque.

Selon une variante, l'ensemble comprend en outre un rotor comprenant
10 l'au moins une rangée d'aube à calage variable.

Selon une variante, l'au moins une aube comprend en outre une ligne équidistante entre l'intrados et l'extrados, l'aube présentant un angle compris entre la tangente à la ligne équidistante et l'axe moteur, une évolution moyenne de l'angle entre le bord d'attaque et le bord de fuite est inférieure à
15 l'évolution moyenne entre 60% de la corde à compter le bord d'attaque et le bord de fuite.

Selon une variante, à la hauteur de l'au moins une aube dans la veine correspondant à la paroi interne de la veine,

- 50% de l'évolution de l'angle entre l'axe moteur et une tangente
20 à la ligne équidistante est sur les derniers 40% de sa corde à compter du bord d'attaque, et/ou

- l'angle entre l'axe moteur et une tangente à la ligne équidistante au bord d'attaque est supérieur à 55°, et/ou

- l'évolution totale de l'angle entre l'axe moteur et une tangente à
25 la ligne équidistante est supérieure à 55°.

Selon une variante, à 1/5 de la hauteur de l'au moins une aube dans la veine,

- 50% de l'évolution de l'angle entre l'axe moteur et une tangente à la ligne équidistante est sur les derniers 40% de sa corde à compter du
30 bord d'attaque, et/ou

- l'angle entre l'axe moteur et une tangente à la ligne équidistante au bord d'attaque est supérieur à 40° , et/ou

- l'évolution totale de l'angle entre l'axe moteur et une tangente à la ligne équidistante est supérieure à 50° .

5 Selon une variante, à mi-hauteur de l'au moins une aube dans la veine,

- 50% de l'évolution de l'angle entre l'axe moteur et une tangente à la ligne équidistante est sur les derniers au plus 50%, de préférence 40% de sa corde à compter du bord d'attaque, et/ou

- l'angle entre l'axe moteur et une tangente à la ligne équidistante

10 au bord d'attaque est supérieur à 35° et inférieur à 50° , et/ou

- l'évolution totale de l'angle entre l'axe moteur et une tangente à la ligne équidistante est supérieure à 40° , et/ou

- l'angle entre l'axe moteur et une tangente à la ligne équidistante au bord d'attaque est d'au moins 10° inférieur à l'angle entre l'axe moteur et

15 une tangente à la ligne équidistante au bord d'attaque à la hauteur dans la veine correspondant à la paroi interne de la veine, et/ou

- l'évolution de l'angle entre l'axe moteur et une tangente à la ligne équidistante au bord d'attaque est d'au moins 10° inférieur à l'évolution de l'angle entre l'axe moteur et une tangente à la ligne équidistante au bord

20 d'attaque à la hauteur dans la veine correspondant à la paroi interne de la veine.

L'invention se rapporte aussi à une turbomachine d'aéronef comprenant l'ensemble tel que décrit précédemment.

Selon une variante, la turbomachine comprend une soufflante à calage

25 variable, l'au moins une aube ou l'au moins une rangée d'aubes est en aval de la soufflante à calage variable ou d'un rotor portant une rangée d'aubes à calage variable ou d'un stator portant une rangée d'aubes à calage variable.

Selon une variante, la turbomachine comprend en outre des turbines

30 basse et haute pression et un compresseur haute pression, la puissance

mécanique des turbines basse et haute pression est transmise via des arbres aux compresseurs basse et haute pression respectivement, ainsi qu'à la soufflante via un réducteur.

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'aube selon l'invention se transposent mutatis mutandis aux compresseur et
15 turbomachine d'aéronef, et inversement.

Breve description des figures

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

- 20 - la figure 1 illustre une vue schématique d'une coupe de turbomachine d'aéronef :
- la figure 2 illustre un exemple de forme d'aube ;
 - la figure 3 illustre l'évolution de la forme de l'aube ;
 - la figure 4 illustre l'évolution de la forme de l'aube.

25 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 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 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 de turbomachine d'aéronef comprenant au moins une rangée d'aubes à calage variable. En aval de la rangée d'aubes à calage variable, l'ensemble comprend en outre un compresseur avec au moins une aube, l'aube comprenant un intrados et un extradados, une épaisseur entre l'intrados et l'extrados, un bord d'attaque et un bord de fuite, une corde s'étendant entre le bord d'attaque et le bord de fuite. L'aube est apte à s'étendre dans une veine de flux d'air, l'aube présentant entre le bord d'attaque et le bord de fuite une évolution de l'épaisseur. L'aube est telle que l'épaisseur maximale est positionnée avant 25% de la corde depuis le bord d'attaque. La partie amont de l'aube du compresseur dans le sens d'écoulement du flux d'air est donc particulièrement épaisse, ce qui permet de rendre l'aube résistante à de fortes variations d'incidence du flux d'air.

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 en particulier la direction de l'axe moteur référencé X, avec un sens. Les termes « intérieur » et « vers l'intérieur » correspondent naturellement à un sens vers l'axe moteur X selon une direction radiale, et les termes « extérieur » 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
5 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 100 sur laquelle il est prévu d'intégrer l'aube selon l'invention. Il peut s'agir d'une turbomachine axiale à double flux comprenant un certain nombre
10 d'éléments. 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. La soufflante 110 peut être une soufflante à calage
15 variable, schématisée par la référence 109 sur la figure 1. 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
20 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 de l'air pour l'amener à des vitesses, pressions et
25 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 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
5 disposés en série. Chaque étage comprend un stator (ou redresseur) à aubes (ou aubages) fixes et un rotor à aubes (ou aubages) mobiles apte à être mises en rotation autour de l'axe moteur. Pour les compresseurs basse pression 120 et haute pression 130, ces aubes fixes et mobiles sont respectivement référencés par 121, 122 et 131, 132. Au sein d'un étage, le
10 rotor aspire et 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
15 des positions de calage 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 16 et extrados 18
20 des aubes peuvent être plus ou moins exposées au flux d'air primaire 106. Les intrados 16 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.

25 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, pour commander le calage angulaire des
30 aubes 121. Un système de calage variable 133 peut aussi être monté sur le

carter du compresseur haute pression 130, pour commander le calage angulaire des aubes 131. 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.

- 5 Ce type d'architecture est donné à titre d'exemple, un compresseur intermédiaire pourrait être présent.

Les compresseurs s'étendent le long de l'axe moteur X dirigé d'amont vers aval, entre une extrémité amont d'entrée d'air et une extrémité aval de sortie d'air. Les compresseurs comprennent une veine 12 de flux d'air entre
10 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 les compresseurs par l'extrémité amont d'entrée d'air et quitte les compresseurs par l'extrémité aval de sortie d'air.

- 15 La figure 2 montre un exemple de forme d'aube 121, qui est un type d'aube fixe, possiblement à calage angulaire mais de préférence sans calage angulaire, et pour stator de compresseur basse pression. L'aube 121 peut être à orientation variable par rapport à l'élément statorique la supportant ou être de préférence à orientation fixe par rapport au stator la supportant.
20 L'aube 121 comprend un intrados 16 et un extrados 18. L'aube 121 comprend une ligne équidistante 20 entre l'intrados 16 et l'extrados 18. L'aube 121 comprend aussi un bord d'attaque 22 en amont dans le flux d'air et un bord de fuite 24 en aval dans le flux d'air. L'aube 121 comprend aussi une corde 26 s'étendant entre le bord d'attaque 22 et le bord de fuite 24. Une
25 tangente 28 à la ligne équidistante 20 est représentée.

L'aube est apte à s'étendre dans la veine 12 de flux d'air. La veine 12 de flux d'air a une structure annulaire. La veine 12 de flux d'air a une structure de révolution. La veine 12 peut ainsi comporter une paroi interne, selon la direction radiale vers l'intérieur. La veine 12 peut comporter une paroi
30 externe, selon la direction radiale vers l'extérieur. En section, la veine 12

comporte une hauteur, le long de laquelle s'étend les aubes 121. La hauteur de la veine est entre la paroi interne et la paroi externe. La hauteur s'étend selon la direction radiale qui est transversale à l'axe du moteur X. Dans ce qui suit, la forme de l'aube varie en fonction de la coupe de l'aube selon l'axe
5 du moteur X, à différentes hauteurs selon la direction transversale à l'axe du moteur X. L'invention traite de la forme de l'aube, et particulièrement de ses profils correspondants à des découpes de l'aube à différentes hauteurs de veine par une ligne de courant.

On appelle angle d'incidence (ou angle de prise d'incidence ou prise
10 d'incidence) l'angle formé par la direction du flux d'air au bord d'attaque 22 par rapport à la tangente 28 à la ligne équidistante 20. Sur la figure 2, il s'agit de l'angle entre l'une ou l'autre des flèches 30 représentant la direction du flux d'air et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 (le flux d'air pouvant être « au-dessus » ou « au-dessous » de la tangente 28). Les flèches 30
15 montrent différents angles d'incidence (maximum). L'écart entre les deux flèches 30 correspond à la plage d'angle d'incidence. Dans le cadre de l'invention, l'aube est en mesure d'assurer une grande déviation d'air pour un fonctionnement sur une grande plage d'incidence de l'air, par exemple une plage de 20° entre les deux flèches 30 (la répartition de la plage de part
20 et d'autre de la tangente 28 pouvant être variable). Par ailleurs, on appelle loi d'angle squelette l'évolution, le long de la corde 26, de l'angle 29 entre la tangente 28 à la ligne équidistante 20 et l'axe moteur X. On appelle loi d'épaisseur l'évolution, le long de la corde 26, de l'épaisseur 50 de l'aube.

L'aube 121 est capable de redresser le flux d'air en bord de fuite pour
25 que le flux d'air redressé soit le plus possible selon l'axe moteur X ou selon un angle adapté pour les rotors en aval mais le plus constant possible et indépendant de ce qu'il se passe en amont. L'aube 121 est en mesure d'assurer une grande déviation du flux d'air. Sur la figure 2, le flux d'air redressé est schématisé par la flèche 25. La déviation de l'air est l'angle entre
30 la flèche 25 et la flèche 30. Ainsi la déviation de l'air varie avec la variation

de la flèche 30. Il est possible que suivant l'angle de la flèche 30 l'angle de la flèche 25 varie plus légèrement, du fait de l'efficacité en redressement du stator sous incidence. L'aube 121 est apte à assurer une grande déviation, jusqu'à 60°. En outre, l'aube 121 est capable de supporter d'importantes variations d'incidence de l'air, selon les flèches 30.

La figure 3 illustre l'évolution de la forme de l'aube 121 (ou évolution de la courbure ou encore, évolution de la cambrure). La figure 3 montre la loi d'angle squelette (« A ») adimensionnée en ordonnée suivant la position le long de la corde 26 du profil (« C ») en abscisse (à compter du bord d'attaque 22 – position adimensionnée). On y voit l'évolution de l'angle 29 du bord d'attaque 22 à l'angle 29 du bord de fuite 24. Ainsi la valeur adimensionnée de l'angle 29 est 1 au bord d'attaque et 0 au bord de fuite. La figure 3 montre comment est répartie l'évolution de l'angle 29 et notamment comment sont positionnés les 50% de l'évolution de l'angle 29. La particularité de l'aube est que la forme (ou le profil) varie selon la hauteur de la veine (ou en d'autres termes, selon la hauteur de l'aube). La figure 3 montre l'évolution de la forme de l'aube en partie basse de l'aube, entre 0 et 50% de sa hauteur dans la veine. La courbe 36 montre la forme ou profil d'aube selon une coupe à une hauteur de l'aube dans la veine correspondant à la paroi interne de la veine. La coupe est en pied d'aube, selon une direction radiale vers l'extérieur. La courbe 38 montre la forme ou profil d'aube selon une coupe à une hauteur de l'aube dans la veine correspondant à 1/5 de la hauteur dans la veine, à compter de la paroi interne de la veine. La coupe est à 1/5 de la hauteur de l'aube, selon une direction radiale vers l'extérieur. La courbe 40 montre la forme ou profil d'aube selon une coupe à une hauteur de l'aube dans la veine correspondant à la mi-hauteur de la veine à compter de la paroi interne de la veine. La coupe est à mi-hauteur de la hauteur de l'aube.

L'aube 121 présente une évolution moyenne de l'angle 29 entre le bord d'attaque et le bord de fuite qui est inférieure à l'évolution moyenne entre 60% de la corde à compter le bord d'attaque et le bord de fuite. En d'autres

termes, l'évolution moyenne de l'angle 29 est plus important sur les derniers 40% de la corde, à compter du bord d'attaque. Sur la figure 3, on voit que les courbes 36, 38, 40 sont plus raides au-delà de 0,6 en abscisses qu'avant 0,6. Les courbes sont plus raide entre 60% de la corde à compter le bord d'attaque et le bord de fuite.

Ainsi, concernant la loi de courbure de l'aube, la prise d'incidence venant augmenter la déviation du flux d'air proche du bord d'attaque, l'aube 121 permet de limiter la déviation du flux l'air sur la partie amont de l'aube, tout en contrôlant que la déviation résiduelle du flux d'air sur la partie aval de l'aube soit encore compatible de sa stabilité. Au-delà de 60% de la corde à compter du bord d'attaque, l'évolution de l'angle entre l'axe moteur X et la tangente 28 dépend de la position de la coupe de l'aube selon la hauteur de la veine. Dans le présent document, l'évolution de l'angle 29 évoquée se rapporte à l'évolution moyenne de l'angle 29.

La courbe 36, à une hauteur de l'aube dans la veine correspondant à la paroi interne de la veine, montre que l'évolution moyenne de l'angle 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 est inférieure à l'évolution moyenne entre 60% de la corde à compter le bord d'attaque et le bord de fuite. Au-delà de 60% de la corde à compter du bord d'attaque 22, l'évolution de l'angle 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 est plus forte. La pente de la courbe 36 accélère. Selon le profil de l'aube 121 selon la courbe 36, 50% de l'évolution de l'angle 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 est sur les derniers 40% de sa corde à compter du bord d'attaque 22. L'angle 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 au bord d'attaque 22 est supérieur à 50°. L'évolution totale de l'angle 29 compris entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 est supérieure à 55°. En d'autres termes, la valeur de l'angle 29 au bord d'attaque 22 est supérieure de 55° à la valeur de l'angle 29 au bord de fuite 24. La coupe en

pied présente une évolution totale supérieure à 55° , répartie à 50% sur les derniers 40% de corde 26 à compter du bord d'attaque.

La courbe 38, à une hauteur de l'aube dans la veine correspondant à 1/5 de la hauteur dans la veine, montre que l'évolution moyenne de l'angle 5 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 est inférieure à l'évolution moyenne entre 60% de la corde à compter le bord d'attaque et le bord de fuite. Au-delà de 60% de la corde à compter du bord d'attaque 22, l'évolution de l'angle 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 est plus forte. La pente de la courbe 38 accélère. 10 Selon le profil de l'aube 121 selon la courbe 38, 50% de l'évolution de l'angle 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 est sur les derniers 40% de sa corde à compter du bord d'attaque 22. L'angle 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 au bord d'attaque 22 est à 40° . L'évolution totale de l'angle 29 entre l'axe moteur X 15 et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 est supérieure à 50° . La coupe à 1/5 de hauteur présente une évolution totale supérieure à 50° , répartie à 50% sur les derniers 40% de corde 26.

La courbe 40, à une hauteur de l'aube dans la veine correspondant à la mi-hauteur de la veine, montre que l'évolution moyenne de l'angle 29 entre 20 l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 est inférieure à l'évolution moyenne entre 60% de la corde à compter le bord d'attaque et le bord de fuite. Au-delà de 60% de la corde à compter du bord d'attaque 22, l'évolution de l'angle 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 est plus forte. La pente de la courbe 40 accélère. Selon le 25 profil de l'aube 121 selon la courbe 40, 50% de l'évolution de l'angle 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 est sur les derniers au plus 50%, de préférence 40% de sa corde à compter du bord d'attaque 22. Ainsi, la coupe à mi-hauteur avance son évolution. L'angle 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 au bord d'attaque 22 30 est supérieur à 35° et inférieur à 50° . A la mi-hauteur de la veine, l'évolution

totale de l'angle 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 est supérieure à 40°. Le point pour lequel 50% de l'évolution est atteint est avancé de 10% de corde à mi-hauteur relativement à sa position à la paroi intérieure de la veine. A la mi-hauteur de la veine, l'angle

5 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 au bord d'attaque est d'au moins 10° inférieur à l'angle 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 au bord d'attaque à la hauteur dans la veine correspondant à la coupe en paroi interne de la veine. L'évolution de l'angle 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 au

10 bord d'attaque est d'au moins 10° inférieur à l'évolution de l'angle 29 entre l'axe moteur X et la tangente 28 à la ligne équidistante 20 au bord d'attaque à la hauteur dans la veine correspondant à la paroi interne de la veine.

La figure 4 illustre l'évolution de la forme de l'aube 121. La figure 4 montre la loi d'épaisseur (« E ») en ordonnée suivant la position le long de la

15 corde 26 du profil (« C ») en abscisse (à compter du bord d'attaque 22 – position adimensionnée). On y voit l'évolution de l'épaisseur entre l'intrados 16 et l'extrados 18 du bord d'attaque 22 au bord de fuite 24. La figure 4 montre comment est répartie l'évolution de l'épaisseur de l'aube 121. La particularité de l'aube est que la forme (ou le profil) varie selon la hauteur de

20 la veine (ou en d'autres termes, selon la hauteur de l'aube). La figure 4 montre l'évolution de la forme de l'aube en partie basse de l'aube, entre 0 et 50% de sa hauteur dans la veine. La figure 4 montre l'évolution de l'épaisseur de l'aube 121 en coupe transversale à la hauteur de l'aube dans la veine. La courbe 42 montre la forme ou profil d'aube selon une coupe à une hauteur

25 dans la veine correspondant à la paroi interne de la veine. La coupe est en pied d'aube, selon une direction radiale vers l'extérieur. La courbe 44 montre la forme ou profil d'aube selon une coupe à une hauteur dans la veine correspondant à 1/5 de la hauteur dans la veine, à compter de la paroi interne de la veine. La coupe est à 1/5 de la hauteur de l'aube, selon une direction

30 radiale vers l'extérieur. La courbe 46 montre la forme ou profil d'aube selon

une coupe à une hauteur dans la veine correspondant à la mi-hauteur de la veine à compter de la paroi interne de la veine. La coupe est à mi-hauteur de la hauteur de l'aube.

L'aube 121 présente une évolution de l'épaisseur entre le bord
5 d'attaque et le bord de fuite. L'aube est telle que l'épaisseur maximale est positionnée avant 25% de la corde depuis le bord d'attaque. En d'autres termes, l'évolution de l'épaisseur de l'aube est plus important sur les premiers 25% de la corde, à compter du bord d'attaque. Sur la figure 2, on voit que les courbes 42, 44, 46 sont plus raides avant 0,25 en abscisses
10 qu'après 0,25. Les courbes sont plus raide entre le bord d'attaque et 25% de la corde à compter du bord d'attaque.

Ainsi, concernant la loi d'épaisseur de l'aube, de forte variations d'incidence de l'air venant contraindre l'aube, en particulier dans sa partie amont, l'épaisseur de l'aube en amont de la corde permet à l'aube de mieux
15 résister sur la partie amont de l'aube. Concernant la loi d'épaisseur, la courbure du bord d'attaque génère une accélération conséquente lors de son contournement par l'air, accélération qui vient déstabiliser le flux d'air. Ainsi, avancer l'épaisseur maximale du profil vers le bord d'attaque permet de minimiser sa courbure.

20 L'épaisseur est considérée à une hauteur de l'aube dans la veine comprise entre 0 et 50%. L'épaisseur maximale positionnée avant 25% de la corde depuis le bord d'attaque est considérée en coupe, à une hauteur de l'aube dans la veine correspondant à la paroi interne de la veine (courbe 42) et/ou à 1/5 de la hauteur de l'aube dans la veine (courbe 44) et/ou à 50% de
25 la hauteur de l'aube dans la veine (courbe 46). De préférence, 80% de l'épaisseur maximale, de préférence 90%, sont atteints avant 10% de la corde depuis le bord d'attaque. Ceci permet de renforcer encore l'aube, et de supporter d'importantes variations d'incidence sur le bord d'attaque de l'aube. En grandeur relative, l'épaisseur maximale est supérieure à 6% de
30 la corde.

Toutes ces caractéristiques de l'aube 121 peuvent être considérées séparément ou en combinaison. En particulier, l'évolution moyenne de l'angle 29 par rapport à la corde et l'évolution de l'épaisseur par rapport à la corde peuvent être considérées séparément ou en combinaison. L'aube assure un écoulement uniforme le long de l'aube. L'aube permet d'éviter un décollement de l'air avant d'atteindre le bord de fuite. L'aube permet de façon combinée une grande déviation du flux d'air et une grande prise d'incidence du flux d'air. L'aube permet de supporter de grande variation d'incidence du flux d'air. Ceci permet d'améliorer les performances d'un compresseur mettant en œuvre une telle aube. Également, ceci permet d'améliorer les performances d'un ensemble de turbomachine selon l'invention comprenant au moins une rangée d'aubes à calage variable, et en aval de la rangée d'aubes à calage variable, comprenant un compresseur avec au moins une aube 121 telle que décrite précédemment. En effet, des aubes 121 situées en aval d'aubes à calage variable dans le sens d'écoulement du flux d'air subissent d'importantes variations de l'incidence du flux d'air en raison de la présence des aubes à calage variable en amont. Les aubes 121 telles que décrites sont en mesure de supporter de grandes variations de l'incidence du flux d'air.

20 L'invention se rapporte aussi à un compresseur 120 de turbomachine d'aéronef, comprenant au moins une aube 121, de préférence au moins une rangée d'aubes 121, comprenant tout ou partie des caractéristiques décrites. L'invention se rapporte aussi à un ensemble de turbomachine comprenant au moins une rangée d'aubes (d'un rotor ou d'un stator) à calage variable, et, en aval de la rangée d'aubes à calage variable, le compresseur 120. L'invention se rapporte aussi à une turbomachine comprenant le compresseur ou l'ensemble avec le compresseur. Il s'agit en particulier d'un compresseur axial pour turbomachine. Plus particulièrement, il s'agit d'un compresseur transsonique à géométrie variable (avec aubes mobiles selon un calage sur les stators). Le compresseur peut être en aval de la soufflante

110 de la turbomachine, la soufflante étant elle-même à calage variable. La rangée d'aubes 121 peut être portée par le dernier stator 124 en sortie de ce compresseur (dit OGV pour « outlet guide vane »), qui doit redresser le flux vers une vitesse purement axiale et/ou le premier stator à calage fixe de ce compresseur, dans le sens d'écoulement du flux d'air. La rangée d'aubes 5 121 est en aval (directement (c'est-à-dire immédiatement après) ou indirectement (c'est-à-dire séparée par d'autre(s) rangée(s) d'aubes) d'une rangée d'aubes à calage variable (d'un rotor, d'un stator ou de la soufflante), dans le sens d'écoulement du flux d'air. L'aube 121 permet de façon 10 combinée une grande déviation du flux d'air et un fonctionnement avec une grande prise d'incidence – de préférence par la combinaison de la loi d'épaisseur et de la loi de courbure de squelette.

L'aube 121 décrite précédemment avec l'évolution de l'angle 29 et/ou l'évolution de l'épaisseur peut être qualifiée d'aube statorique, ou d'aube 15 conformée, d'aube statorique conformée.

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 20 aucunement limitée aux exemples illustrés et/ou décrits ci-dessus. Par exemple, l'invention est applicable en tête d'aube, en combinaison ou indépendamment de l'évolution de l'angle 29 entre 0 et 50% de hauteur.

Revendications

1. Ensemble de turbomachine d'aéronef comprenant
 - Au moins une rangée d'aubes à calage variable,
 - En aval de la rangée d'aubes à calage variable, un compresseur
- 5 avec au moins une aube (121), l'aube comprenant un intrados (16) et un extradados (18), une épaisseur entre l'intrados (16) et l'extrados (18), un bord d'attaque (22) et un bord de fuite (24), une corde (26) s'étendant entre le bord d'attaque et le bord de fuite, l'aube étant apte à s'étendre dans une veine (12) de flux d'air, l'aube présentant
- 10 entre le bord d'attaque et le bord de fuite une évolution de l'épaisseur, l'aube étant telle que l'épaisseur maximale est positionnée avant 25% de la corde depuis le bord d'attaque.
2. Ensemble selon la revendication précédente, dans lequel l'épaisseur est considérée à une hauteur de l'aube dans la veine comprise entre 0
- 15 et 50%.
3. Ensemble selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'épaisseur est considérée à une hauteur de l'aube dans la veine correspondant à la paroi interne de la veine et/ou à 1/5 de la hauteur de l'aube dans la veine et/ou à 50% de la hauteur de l'aube dans la
- 20 veine.
4. Ensemble selon l'une des revendications précédentes, dans lequel 80% de l'épaisseur maximale, de préférence 90%, sont atteints avant 10% de la corde depuis le bord d'attaque.
5. Ensemble selon l'une des revendication précédentes, comprenant en
- 25 outre un rotor comprenant l'au moins une rangée d'aube à calage variable.
6. Ensemble selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'au moins une aube (121) comprend en outre une ligne équidistante (20)
- entre l'intrados et l'extrados, l'aube (121) présentant un angle (29)
- 30 compris entre la tangente (28) à la ligne équidistante (20) et l'axe

moteur (X), une évolution moyenne de l'angle (29) entre le bord d'attaque et le bord de fuite est inférieure à l'évolution moyenne entre 60% de la corde à compter le bord d'attaque et le bord de fuite.

7. Ensemble selon la revendication précédente, dans lequel, à la hauteur
5 de l'au moins une aube (121) dans la veine correspondant à la paroi interne de la veine,
- 50% de l'évolution de l'angle (29) entre l'axe moteur (X) et une tangente (28) à la ligne équidistante (20) est sur les derniers 40% de sa corde à compter du bord d'attaque, et/ou
 - 10 - l'angle (29) entre l'axe moteur (X) et une tangente (28) à la ligne équidistante (20) au bord d'attaque est supérieur à 55°, et/ou
 - l'évolution totale de l'angle (29) entre l'axe moteur (X) et une tangente (28) à la ligne équidistante (20) est supérieure à 55°.
8. Ensemble selon l'une des deux revendications précédentes, dans
15 lequel, à 1/5 de la hauteur de l'au moins une aube (121) dans la veine,
- 50% de l'évolution de l'angle (29) entre l'axe moteur (X) et une tangente (28) à la ligne équidistante (20) est sur les derniers 40% de sa corde à compter du bord d'attaque, et/ou
 - l'angle (29) entre l'axe moteur (X) et une tangente (28) à la ligne
20 équidistante (20) au bord d'attaque est supérieur à 40°, et/ou
 - l'évolution totale de l'angle (29) entre l'axe moteur (X) et une tangente (28) à la ligne équidistante (20) est supérieure à 50°.
9. Ensemble selon l'une des trois revendications précédentes, dans
lequel, à mi-hauteur de l'au moins une aube (121) dans la veine,
- 25 - 50% de l'évolution de l'angle (29) entre l'axe moteur (X) et une tangente (28) à la ligne équidistante (20) est sur les derniers au plus 50%, de préférence 40% de sa corde à compter du bord d'attaque, et/ou

- l'angle (29) entre l'axe moteur (X) et une tangente (28) à la ligne équidistante (20) au bord d'attaque est supérieur à 35° et inférieur à 50°, et/ou
 - l'évolution totale de l'angle (29) entre l'axe moteur (X) et une tangente (28) à la ligne équidistante (20) est supérieure à 40°, et/ou
 - l'angle (29) entre l'axe moteur (X) et une tangente (28) à la ligne équidistante (20) au bord d'attaque est d'au moins 10° inférieur à l'angle (29) entre l'axe moteur (X) et une tangente (28) à la ligne équidistante (20) au bord d'attaque à la hauteur dans la veine correspondant à la paroi interne de la veine, et/ou
 - l'évolution de l'angle (29) entre l'axe moteur (X) et une tangente (28) à la ligne équidistante (20) au bord d'attaque est d'au moins 10° inférieur à l'évolution de l'angle (29) entre l'axe moteur (X) et une tangente (28) à la ligne équidistante (20) au bord d'attaque à la hauteur dans la veine correspondant à la paroi interne de la veine.
10. Turbomachine d'aéronef comprenant l'ensemble selon l'une des revendications précédentes.
11. Turbomachine selon la revendication précédente, comprenant une soufflante (110) à calage variable, l'au moins une aube (121) ou l'au moins une rangée d'aubes (121) est en aval de la soufflante à calage variable ou d'un rotor portant une rangée d'aubes à calage variable ou d'un stator portant une rangée d'aubes à calage variable.
12. Turbomachine selon l'une des deux revendications précédentes, comprenant en outre des turbines basse (150) et haute (140) pression et un compresseur haute (130) pression, la puissance mécanique des turbines basse (150) et haute (140) pression est transmise via des arbres (101, 102) aux compresseurs basse (120) et haute (130) pression respectivement, ainsi qu'à la soufflante (110) via un réducteur (111).

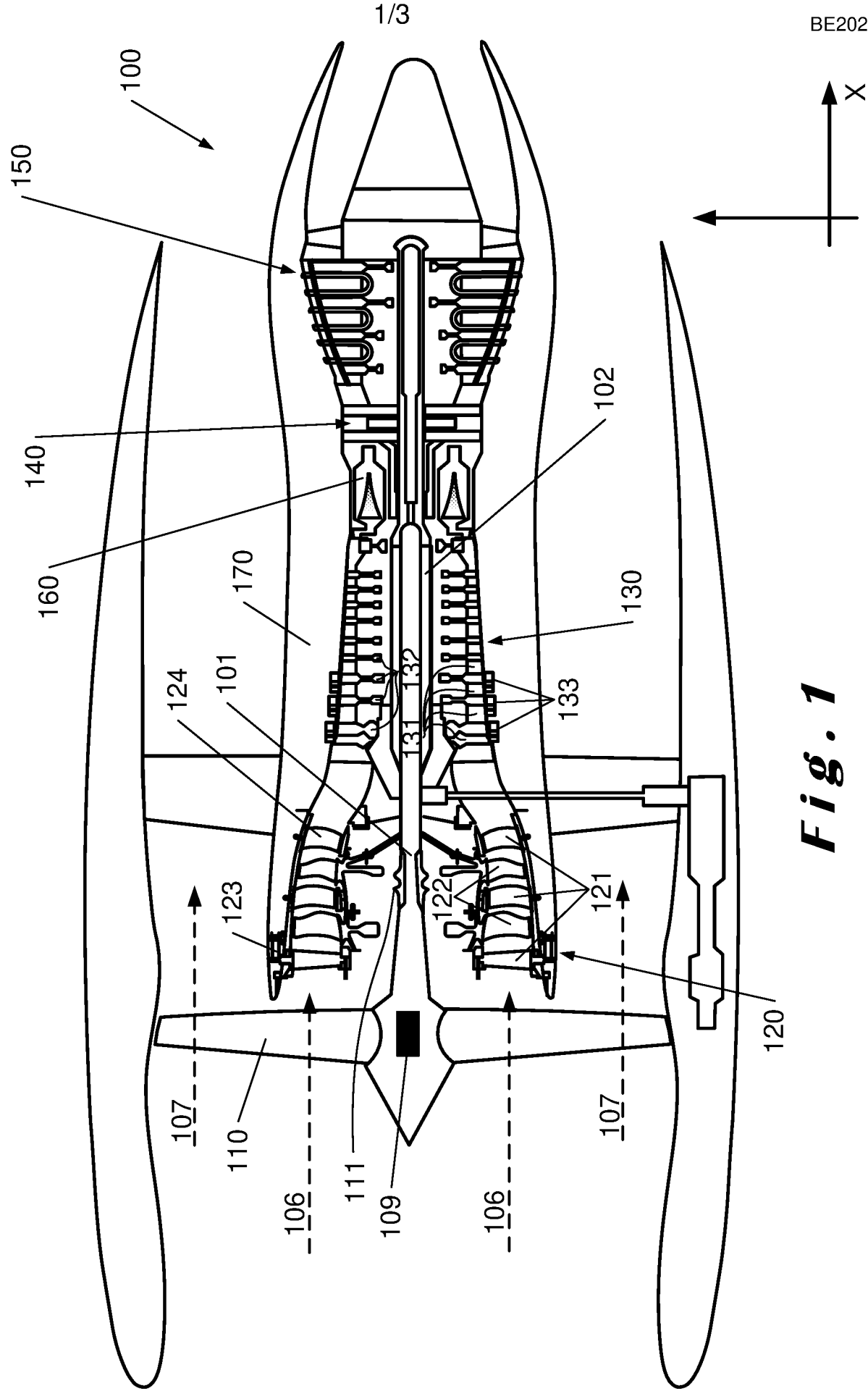
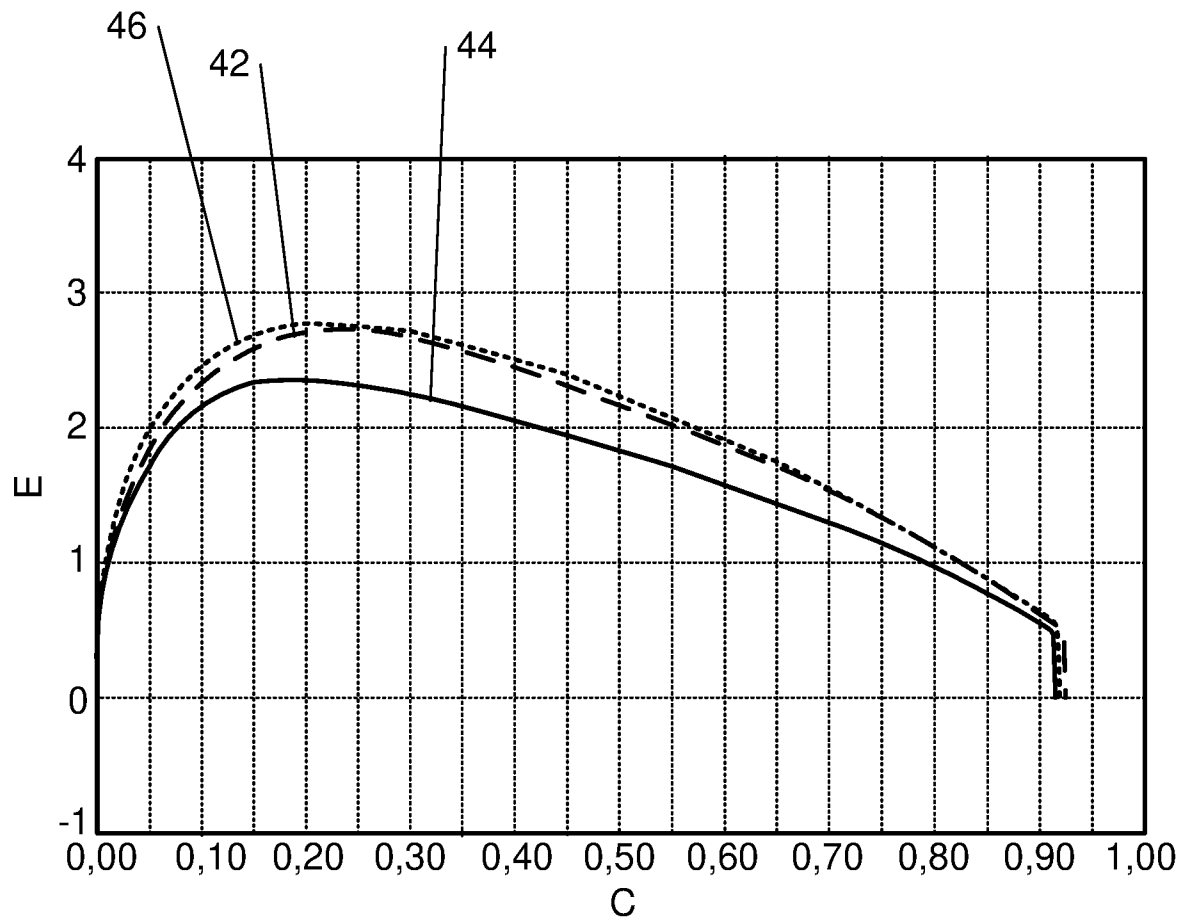


Fig. 1



***Fig. 4***

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 PAT2616787BE00
Demande nationale belge n° 202305983	Date du dépôt 01-12-2023
	Date de priorité revendiquée
Déposant (Nom) SAFRAN AERO BOOSTERS	
Date de la requête d'une recherche de type international 09-12-2023	Numéro attribué par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international SN85277
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 202305983

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. F01D5/14

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)

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 6 264 429 B1 (KOELLER ULF [DE] ET AL)	1-5,
	24 juillet 2001 (2001-07-24)	10-12
A	* colonnes 4-6; figures 1-6 *	6-9

A	US 2011/206527 A1 (HARVEY NEIL W [GB] ET AL) 25 août 2011 (2011-08-25)	1-12
	* figures 20-21 *	
	* alinéas [0126] - [0127] *	

☐

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

18 avril 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

de la Loma, Andrés

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n

BE 202305983

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6264429	B1	24-07-2001	DE 29825097 U1 24-03-2005
		EP 0991866 A1 12-04-2000	
		EP 1338799 A1 27-08-2003	
		JP 4087461 B2 21-05-2008	
		JP 2002508043 A 12-03-2002	
		RU 2191930 C2 27-10-2002	
		US 6264429 B1 24-07-2001	
		WO 9859175 A1 30-12-1998	
US 2011206527	A1	25-08-2011	EP 2360377 A2 24-08-2011
		US 2011206527 A1 25-08-2011	



OPINION ÉCRITE

Dossier N° SN85277	Date du dépôt(jour/mois/année) 01.12.2023	Date de priorité (jour/mois/année)	Demande n° BE202305983
Classification internationale des brevets (CIB) INV. F01D5/14			
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 de la Loma, Andrés
--	---------------------------------

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE202305983

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	1-12
	Non :	Revendications	
Activité inventive	Oui :	Revendications	6-9
	Non :	Revendications	1-5, 10-12
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-12
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Cadre n° VII Irrégularités dans la demande

Les irrégularités suivantes, concernant la forme ou le contenu de la demande, ont été constatées :

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

- 1 Il est fait référence au document suivant :
 - D1 US 6 264 429 B1 (KOELLER ULF [DE] ET AL) 24 juillet 2001 (2001-07-24)
- 2 La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication 1 n'impliquant pas d'activité inventive.
 - 2.1 D1, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue

un ensemble de turbomachine d'aéronef (fig. 6) comprenant un compresseur avec au moins une aube(1A,1B), l'aube comprenant un intrados et un extrados (6), une épaisseur (d) entre l'intrados et l'extrados, un bord d'attaque (3) et un bord de fuite (4), une corde (5) s'étendant entre le bord d'attaque et le bord de fuite, l'aube étant apte à s'étendre dans une veine de flux d'air, l'aube présentant entre le bord d'attaque et le bord de fuite une évolution de l'épaisseur, l'aube étant telle que l'épaisseur maximale (D) est positionnée avant 25% de la corde depuis le bord d'attaque (voir figure 5, K/L =23%).
 - 2.2 Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de cette turbomachine connue en ce que l'ensemble comprend une rangée d'aubes à calage variable en amont du compresseur.

L'objet de la revendication 1 est donc nouveau.
 - 2.3 L'enseignement de D1, qui concerne la forme aérodynamique d'un profil de compresseur, s'applique généralement à tout type de turbomachine. Il serait évident pour l'homme du métier de mettre en œuvre l'enseignement de D1 dans une turbomachine comprenant une rangée d'aubes à géométrie variable en amont du compresseur, ce type de moteurs étant bien connu. Ainsi, l'application de l'enseignement de D1 à un tel moteur ne peut être considérée comme apportant une contribution inventive par rapport à l'art antérieur.
- 3 Les revendications dépendantes **2-5,10-12** ne semblent pas contenir de caractéristiques supplémentaires qui satisfassent aux exigences d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des

- revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées (voir document **D1** et les passages correspondants cités dans le rapport de recherche).
- 3.1 Revendications 2, 3 : D1 n'attribue pas la forme de la section transversale du profil aérodynamique (voir figure 1) à une hauteur de l'aube particulière. On peut par conséquent raisonnablement supposer que la géométrie décrite dans D1 s'applique à toute l'hauteur de l'aube du compresseur. Par conséquent, l'objet des revendications 2 et 3 ne semble pas impliquer une activité inventive, pour des raisons similaires à celles exposées ci-dessus pour la revendication 1.
- 3.2 Revendication 4: voir figure 5, D1.
- 3.3 Revendication 5: Le même raisonnement exposé au sujet de la revendication 1 s'applique, mutatis mutandis, à l'objet de la revendication 5, qui concerne la présence d'un rotor à géométrie variable en amont du compresseur.
- 3.4 La combinaison des caractéristiques des revendications dépendantes 6-9 n'est pas comprise dans l'état de la technique et n'en découle pas de façon évidente.
- 3.5 Revendication 10 -12 : La géométrie de l'aube D1 serait mise en œuvre dans une turbomachine d'aéronef conforme à l'une quelconque des revendications 10 à 12 sans qu'il soit nécessaire de faire preuve d'un effort inventif.

Ad point VII

Certaines irrégularités relevées dans la demande

- 1 La description ne mentionne pas l'état de la technique pertinent qui est divulgué dans D1 et ne cite pas ce document.

Ad point VIII

Certaines observations relatives à la demande

- 1 L'objet de la revendication 6 n'est pas claire.
- En particulier, le terme "évolution moyenne de l'angle" utilisé dans la revendication 6 n'a pas de signification reconnue. Pour un lecteur qualifié, la signification de l'expression "évolution moyenne de l'angle" n'est pas claire et laisse subsister un doute quant à la signification de la caractéristique technique à laquelle elle se rapporte.

- 2 Il en va de même pour les expressions similaires utilisées dans les revendications 7 à 9 : "50% de l'évolution de l'angle", "évolution totale de l'angle", "évolution de l'angle au bord d'attaque".
- 3 L'utilisation extensive de la particule "et/ou" dans les revendications 7 à 9 impose à l'homme du métier un effort excessif pour déterminer l'objet revendiqué, compte tenu du nombre déraisonnable d'alternatives possibles. Par conséquent, l'objet des revendications 7 à 9 n'est pas clairement défini