

**AUBE DE REDRESSEUR DE SOUFLANTE DE TURBOMACHINE,
ENSEMBLE DE TURBOMACHINE COMPRENANT UNE TELLE AUBE ET
TURBOMACHINE EQUIPEE DE LADITE AUBE OU DUDIT ENSEMBLE.**

5

1. Domaine de l'invention

La présente invention concerne le domaine des turbomachines. Elle vise une aube de turbomachine et notamment une aube de redresseur de soufflante. L'invention concerne également un ensemble comprenant une nacelle et un carter de soufflante solidarisé à la nacelle et qui est équipé d'au moins une aube de redresseur et une turbomachine équipée d'une telle aube ou d'un tel ensemble avec une aube de redresseur.

2. Etat de la technique

L'évolution naturelle des turboréacteurs multiflux présentant une soufflante, notamment amont, est d'augmenter l'efficacité propulsive via une réduction de la poussée spécifique, obtenue en diminuant le taux de compression de la soufflante, ce qui se traduit par une augmentation du taux de dilution ou BPR (pour la désignation anglaise « Bypass Ratio »), qui est le rapport entre le débit massique de l'air à travers une ou des veines entourant le générateur de gaz par le débit massique de l'air à travers le générateur de gaz, calculé à la poussée maximale lorsque le moteur est immobile dans une atmosphère standard international au niveau de la mer.

L'augmentation du taux de dilution influe sur le diamètre de la turbomachine lequel est contraint par une garde au sol minimale à respecter du fait de l'intégration de la turbomachine le plus souvent sous l'aile d'un aéronef. L'augmentation du taux de dilution s'opère en priorité sur le diamètre de la soufflante. La soufflante est enveloppée par un carter de soufflante qui entoure les aubes de soufflante et qui est relié au générateur de gaz par des aubes de stator connues sous le terme de redresseurs ou d'aubes de guidage de sortie pour la désignation anglaise de « Outlet Guide Vanes » (siglée OGV). Ces aubes de redresseur sont disposées radialement depuis le carter du générateur de gaz, en aval des aubes de soufflante et

permettent de redresser le flux généré par cette dernière. Ces aubes doivent être agencées à une distance axiale minimale prédéterminée des aubes de soufflante de manière à limiter les interactions acoustiques responsables de bruit significatif. La distance axiale prédéterminée entre les aubes détermine la longueur du carter de soufflante. A cela s'ajoute le fait que le poids du carter de soufflante et notamment sa longueur impactent la traînée de la turbomachine.

Il est connu du document US-B1-6554564 une aube de redresseur de turbomachine disposée en aval des aubes d'une soufflante. Cette aube de redresseur présente un bord d'attaque avec un angle de flèche orienté vers l'amont (suivant l'axe longitudinal de la turbomachine) ou un bord de fuite avec un angle de flèche orienté vers l'aval (suivant l'axe longitudinal de la turbomachine) de sorte que la corde de ces aubes de redresseurs varie de l'extrémité de pied à l'extrémité de tête. Ceci influe sur la longueur axiale de l'aube et la masse de celle-ci. Ces aubes de redresseurs peuvent également comprendre une portion de leur corps avec les bord d'attaque et bord de fuite présentant un angle de flèche orienté dans la même direction, soit vers l'amont, soit vers l'aval. Cependant, en ce qui concerne ces derniers exemples d'aubes de redresseur, l'angle de flèche, formé entre deux segments du bord d'attaque ou deux segments du bord de fuite, forme un angle obtus ou un angle aigue. Autrement dit, les angles de flèche des bords d'attaque et de fuite forment un changement brusque de direction. il n'y a donc pas de courbure entre deux segments du bord d'attaque ou du bord de fuite. Un exemple d'aube de redresseur illustré sur la figure 8c de ce document présente une portion d'aube inférieure avec une inclinaison d'angle A qui est complètement opposée à celle de la portion d'aube supérieure. Ces changements brusques de direction ont pour inconvénient d'augmenter les phénomènes des tourbillons qui sont également à l'origine des bruits.

3. Objectif de l'invention

La présente invention a notamment pour objectif de limiter la traînée de la nacelle de turbomachine et de limiter la masse de l'ensemble de

propulsion tout en agissant sur les phénomènes acoustiques survenant au voisinage d'une aube de redresseur.

4. Exposé de l'invention

On parvient à cet objectif conformément à l'invention grâce à une aube de redresseur de turbomachine double flux d'axe longitudinal, l'aube comprenant une pluralité de sections d'aube empilées radialement vis-à-vis de l'axe longitudinal le long d'une ligne d'empilement entre une extrémité de pied et une extrémité de tête, chaque section d'aube comprenant une surface intrados et une surface extradados s'étendant axialement entre un bord d'attaque amont et un bord de fuite aval et étant opposées tangentiellement, entre les bords d'attaque et de fuite de chaque section d'aube étant formée une corde de profil de longueur sensiblement constante entre l'extrémité de tête et l'extrémité de pied, et la ligne d'empilement présentant une courbure dans un plan passant sensiblement par l'axe longitudinal et par la ligne d'empilement, située au voisinage de l'extrémité de tête et orientée de l'aval vers l'amont.

Ainsi, cette solution permet d'atteindre l'objectif susmentionné. En particulier, la forme de l'aube de redresseur avec cette courbure permet de raccourcir la longueur de la nacelle entourant le carter de soufflante destiné à porter cette aube de stator, ce qui réduit de manière avantageuse la traînée. Elle permet également de réduire le bruit engendré vers l'extrémité de la tête d'aube lorsque cette dernière est montée dans la nacelle. En particulier, l'intensité acoustique croît avec la proximité entre les aubes de soufflante et les aubes de redresseur. Les zones localisées autour de 75% de la hauteur de l'aube sont particulièrement concernées par ces interactions du fait des vitesses observées et de la charge aérodynamique mise en jeu. Le profil de l'aube de redresseur permet ainsi de maintenir une distance axiale minimale requise vers le sommet des aubes de redresseur.

Selon une caractéristique, la courbure de la ligne d'empilement est continue et progressive. Une telle configuration réduit la formation des tourbillons qui engendrent également du bruit. En effet, un changement

brusque influencerait notablement sur les tourbillons pouvant se former en partie supérieure de l'aube et qui est source de bruit.

5 Selon une caractéristique de l'invention, la courbure est située entre 50% et 95% de la hauteur de l'aube entre l'extrémité de pied et l'extrémité de tête. Cette configuration permet d'agir à l'endroit où les interactions acoustiques et de vitesses sont les plus élevées et où la charge aérodynamique mise en jeu.

10 Selon une caractéristique de l'invention, la forme de l'aube, entre 50% et 95% de la hauteur de l'aube, est déterminée par la relation suivante : $0,1 < (L2/L1)_{50\%H < H < 95\%H} < 0,5$, L2 correspondant à la distance minimale entre le bord d'attaque de l'aube et une ligne passant par l'extrémité de pied et l'extrémité de tête de l'aube, L1 correspondant à la longueur entre cette même ligne et le bord de fuite de l'aube de redresseur et H étant la hauteur de l'aube. Cette configuration permet d'une part, de limiter l'angle maximal à
 15 l'extrémité de pied de l'aube et d'autre part, de limiter les contraintes structurelles. En d'autres termes, la courbure de l'aube de redresseur est définie entre 50% et 95% de sa hauteur.

20 Selon une autre caractéristique, l'aube présente une première portion de pied dont la ligne d'empilement s'étend suivant une droite et une deuxième portion de tête dont la ligne d'empilement comprend la courbure. Cette configuration ne modifie ainsi que la partie supérieure de l'aube de redresseur.

25 Suivant encore une caractéristique, la ligne d'empilement s'étendant suivant une droite est inclinée par rapport à l'axe longitudinal.

30 Selon encore une autre caractéristique, le bord d'attaque présente une portion concave et le bord de fuite présente une portion convexe au niveau de la courbure. Ainsi, les directions des bord d'attaque et bord de fuite de l'aube sont sensiblement parallèles à la direction de la ligne d'empilement.

L'invention porte également sur un ensemble comprenant une nacelle de turbomachine double flux s'étendant suivant un axe longitudinal et un carter de soufflante solidarisé à la nacelle, le carter de soufflante entourant une soufflante et délimitant en aval de la soufflante une veine annulaire dans

laquelle circule un flux d'air, le carter de soufflante comprenant une rangée annulaire d'aubes de redresseur présentant l'une quelconque des caractéristiques susmentionnées agencées en aval des aubes de soufflante transversalement dans la veine annulaire. Une telle caractéristique permet de réduire la longueur de la nacelle et de réduire le critère acoustique en partie supérieure de la nacelle. En particulier, pour un même diamètre de soufflante donné, il est observé un gain acoustique d'environ 2 EPNdB (« Effective Perceived Noise » en anglais ou « niveau de bruit effectivement perçu, en décibels »).

Selon une caractéristique de l'invention, la nacelle présente une longueur sensiblement suivant l'axe longitudinal comprise entre 3000 et 3800 mm.

Suivant une autre caractéristique, la nacelle présente une longueur sensiblement suivant l'axe longitudinal et la soufflante présente un diamètre, sensiblement suivant l'axe radial, le rapport de la longueur de la nacelle sur le diamètre de la soufflante étant compris entre 1 et 3. En particulier, le diamètre de la soufflante est mesuré au niveau d'un bord d'attaque, au niveau de sa tête d'aube de soufflante.

Selon une caractéristique, la distance axiale relative entre une aube de soufflante et une aube de redresseur est déterminée par la condition suivante : (d/C) avec d étant la distance entre un bord de fuite de la soufflante et le bord d'attaque de l'aube de redresseur, et C étant la longueur de la corde axiale de l'aube de soufflante, la courbure de la ligne d'empilement permettant de vérifier la relation suivante : $(d/C)_{50\%H < H < 95\%H} > (d/C)_{100\%H}$, avec H la hauteur de l'aube de redresseur entre l'extrémité de tête et l'extrémité de pied. $(d/C)_{50\%H < H < 95\%H}$ est la distance entre le bord de fuite de la soufflante et le bord d'attaque de l'aube de redresseur divisée par la longueur de la corde axiale de l'aube de soufflante entre 50% et 95% de la hauteur de l'aube de redresseur, et $(d/C)_{100\%H}$ est la distance entre le bord de fuite de la soufflante et le bord d'attaque de l'aube de redresseur divisée par la longueur de la corde axiale de l'aube de soufflante en tête de l'aube de

redresseur. En particulier (d/C) 100%H correspond à la hauteur d'aube au contact entre l'aube de redresseur et le carter de soufflante.

L'invention concerne encore un ensemble comprenant une nacelle de turbomachine double flux s'étendant suivant un axe longitudinal et un carter de soufflante solidarisé à la nacelle, le carter de soufflante entourant une soufflante et délimitant en aval de la soufflante une veine annulaire dans laquelle circule un flux d'air, la nacelle comprenant une rangée annulaire d'aubes de redresseur présentant l'une quelconque des caractéristiques susmentionnées agencées en aval des aubes de soufflante transversalement dans la veine annulaire et dont une extrémité aval de l'extrémité de tête est située en aval d'une extrémité aval du carter de soufflante. Une telle caractéristique permet de réduire la longueur de la nacelle et de réduire le critère acoustique en partie supérieure de la nacelle. En particulier, pour un même diamètre de soufflante donné, il est observé un gain acoustique d'environ 2 EPNdB (« Effective Perceived Noise » en anglais ou « niveau de bruit effectivement perçu, en décibels »).

L'invention concerne également une turbomachine comprenant au moins une aube de redresseur présentant au moins l'une quelconque des caractéristiques susmentionnées .

5. Brève description des figures

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lecture de la description explicative détaillée qui va suivre, de modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples purement illustratifs et non limitatifs, en référence aux dessins schématiques annexés dans lesquels :

La figure 1 représente schématiquement une turbomachine avec une soufflante en amont d'un générateur de gaz et à laquelle s'applique l'invention ;

La figure 2 illustre de manière schématique en vue de face une aube de turbomachine selon l'invention ;

La figure 3 représente de manière schématique une section d'aube transversale selon l'invention ;

Les figures 4 et 5 sont des vues schématiques en coupes axiales et partielles d'une nacelle logeant une soufflante de turbomachine selon l'invention ;

La figure 6 est une représentation schématique d'un graphique sur lequel est illustrée la variation des angles par rapport à l'axe longitudinal de la turbomachine mesurés au niveau du bord de fuite de l'aube de turbomachine ;

La figure 7 illustre schématiquement, en coupe axiale et partielle, un autre mode de réalisation de l'invention dans lequel une nacelle enveloppe une soufflante et au moins une aube de redresseur, l'aube de redresseur comprenant une extrémité aval à l'extrémité de tête qui se trouve immédiatement en aval d'une extrémité aval du carter de soufflante ; et

La figure 8 est une autre représentation schématique d'un graphique reprenant les angles mesurés au niveau du bord de fuite d'aubes de turbomachine et notamment de l'art antérieur par rapport à l'aube de redresseur selon l'invention.

6. Description de modes de réalisation de l'invention

La figure 1 illustre une turbomachine 100 pour avion à laquelle s'applique l'invention. Cette turbomachine 100 est ici une turbomachine double flux qui s'étend suivant un axe longitudinal X. La turbomachine double flux comprend de manière générale une nacelle 101 externe entourant un générateur de gaz 102 en amont duquel est montée une soufflante 103. Dans la présente invention, et de manière générale, les termes « amont » et « aval » sont définis par rapport à la circulation des gaz dans la turbomachine 100. Les termes « supérieur » et « inférieur » sont définis par rapport à un axe radial Z perpendiculaire à l'axe X et au regard de l'éloignement par rapport à l'axe longitudinal X. Un axe transversal Y est également perpendiculaire à l'axe longitudinal X et à l'axe radial Z. Ces axes, X, Y, Z forment un repère orthonormé.

Le générateur de gaz 102 comprend dans cet exemple, d'amont en aval, un compresseur basse pression 104, un compresseur haute pression 105, une chambre de combustion 106, une turbine haute pression 107 et une turbine basse pression 108. Le générateur de gaz 102 est logé dans un carter interne 109.

La soufflante 103 est ici carénée et est également logée dans la nacelle 101. En particulier, la turbomachine comprend un carter de soufflante 56 qui entoure la soufflante. Sur ce carter de soufflante 56 est fixé un carter de rétention 50 qui entoure la pluralité d'aubes mobiles de soufflante 51 lesquelles s'étendent radialement depuis l'arbre de soufflante monté suivant l'axe longitudinal X. Le carter de soufflante 56 et le carter de rétention 50 sont solidaires de la nacelle 101 qui les enveloppe. La nacelle 101 présente une forme générale cylindrique. Le carter de soufflante 56 est localisé en aval du carter de rétention 50 assurant la rétention des aubes de soufflante 51.

La soufflante 103 comprime l'air entrant dans la turbomachine 100 qui se divise en un flux chaud circulant dans une veine primaire V1 annulaire laquelle traverse le générateur de gaz 102 et un flux froid circulant dans une veine secondaire V2 annulaire autour du générateur de gaz 102. En particulier, la veine primaire V1 et la veine secondaire V2 sont séparées par un carter inter-veine 110 annulaire disposé entre la nacelle 101 et le carter interne 109. En fonctionnement, le flux chaud circulant dans la veine primaire V1 est classiquement comprimé par des étages de compresseur avant d'entrer dans la chambre de combustion. L'énergie de combustion est récupérée par des étages de turbine qui assurent l'entraînement des étages de compresseur et de la soufflante. Cette dernière est entraînée en rotation par un arbre de puissance de la turbomachine via, dans le présent exemple, un mécanisme de transmission de puissance 57 pour réduire la vitesse de rotation de la soufflante. Un tel mécanisme de transmission de puissance est prévu notamment du fait du diamètre important que présente la soufflante. Le diamètre important de la soufflante permet d'augmenter le taux de dilution. Le mécanisme de transmission de puissance 57 comprend un réducteur,

agencé ici axialement, entre un arbre de soufflante solidaire de la soufflante et l'arbre de puissance du générateur de gaz 102. Le flux d'air F froid circulant dans la veine secondaire V2 est orienté suivant l'axe longitudinal X et participe pour sa part à fournir la poussée de la turbomachine 100.

5 En référence aux figures 1 et 4, chaque aube de soufflante 51 présente un bord d'attaque 52, amont et un bord de fuite 53, aval opposées axialement (suivant l'axe longitudinal X). Les aubes de soufflante 51 présentent chacune un pied 54 implanté dans un moyeu 30 lequel est traversé par l'arbre de soufflante et une tête 55 en regard du carter de rétention 50. Les aubes de soufflante 51 présentent un diamètre DF compris, par exemple, entre 1700 et 2800 mm. Le diamètre DF est mesuré au niveau du bord d'attaque 52 et au niveau de la tête 55 d'aube de soufflante 51, suivant l'axe radial Z. De préférence, mais non limitativement, le diamètre DF est compris entre 1900 et 2700 mm. Quant à la nacelle 101, celle-ci présente un diamètre extérieur DN compris entre 2000 et 4000 mm par exemple. Préférentiellement, mais non limitativement, le diamètre extérieur DN est compris entre 2400 et 3400 mm.

Dans la veine secondaire V2 est agencée au moins une aube de stator 1 ou fixe radiale connue sous le terme d'aube de redresseur de soufflante ou d'aube de guidage de flux de soufflante. L'aube de redresseur est également connue sous l'acronyme OGV pour « Outlet Guide Vane » en anglais et permet donc de redresser le flux froid généré par la soufflante 103. Dans la présente invention, nous entendons par le terme « aube fixe » ou « aube de stator », une aube qui n'est pas entraînée en rotation autour de l'axe X de la turbomachine 100. En d'autres termes, cette aube de redresseur est distincte et contraire à une aube mobile ou de rotor de la turbomachine 100. Dans le présent exemple, une pluralité d'aubes de redresseur 1 est agencée transversalement dans la nacelle 101 de soufflante sensiblement dans un plan transversal à l'axe longitudinal X. La nacelle 101 entoure alors les aubes de redresseur. Pour redresser le flux de la soufflante 103, entre dix et cinquante aubes 1 de redresseur sont réparties circonférentiellement pour former un étage de redresseur. Ces aubes de

redresseur 1 sont disposées en aval de la soufflante 103. Dans le présent exemple, celles-ci sont solidarisées au carter de soufflante 56. Celles-ci sont également régulièrement réparties autour de l'axe X de la turbomachine.

En référence aux figures 2 et 3, chaque aube de redresseur 1 comprend une pluralité de sections d'aube 2 transversales empilées suivant une direction radiale (parallèle à l'axe radial Z) le long d'une ligne d'empilement L entre une extrémité de pied 3 et une extrémité de tête 4. La ligne d'empilement L passe par le centre de gravité de chaque section d'aube 2 transversale. Chaque section d'aube comprend une surface intrados 7 et une surface extradados 8 s'étendant sensiblement suivant une direction axiale, entre un bord d'attaque 5, amont et un bord de fuite 6, aval. Les surfaces intrados et extradados 7, 8 sont opposées l'une à l'autre suivant une direction tangentielle (parallèle à l'axe Y). Entre le bord de fuite 6 et le bord d'attaque 5 s'étend une corde de profil CA. La section d'aube 2 comprend un profil transversal incurvé. La corde de profil CA présente une longueur, axiale, sensiblement constante entre l'extrémité de pied 3 et l'extrémité de tête 4. En d'autres termes, la longueur de la corde de profil à l'extrémité de pied est sensiblement égale à la longueur de la corde de profil à l'extrémité de tête.

La ligne d'empilement L des sections d'aube 2 formant l'aube présente une courbure au voisinage de l'extrémité de tête 4 de celle-ci. L'aube de redresseur 1 présente ici sensiblement une forme de boomerang. Comme cela est illustré sur la figure 2, la courbure est orientée de l'aval vers l'amont (radialement vers l'extérieur). En particulier, le bord d'attaque 5 et le bord de fuite 6 suivent le mouvement de courbure de la ligne d'empilement L. C'est-à-dire que la direction des bord d'attaque 5 et bord de fuite 6 sont sensiblement parallèles à la direction de la courbure de la ligne d'empilement L en partie supérieure de l'aube 1. Comme nous pouvons le noter sur la figure 2, la courbure est continue et progressive. C'est-à-dire qu'il n'y a pas de changement brusque de direction. La courbure de la ligne d'empilement L est orientée dans un plan perpendiculaire passant par l'axe longitudinal X. La ligne d'empilement L est donc définie dans ce plan. La courbure est

également située vers l'extrémité de tête 4. Celle-ci est située entre 50% et 95 % de la hauteur H de l'aube 1 pris entre l'extrémité de pied 3 et l'extrémité de tête 4 de l'aube comme décrit plus loin dans la description.

5 Chaque aube de redresseur 1 est fixée au carter interne 110 et au carter de soufflante 56 solidarisé à la nacelle 101. Les aubes de redresseur 1 assurent un rôle structural, elles permettent la reprise des efforts. En référence à la figure 4, l'extrémité de pied 3 est reliée, dans cet exemple, au carter interne 110 tandis que l'extrémité de tête 4 est reliée au carter de soufflante 56. Dans la partie courbée de l'aube 1, le bord d'attaque 5 est concave tandis que le bord de fuite 6 est convexe. Nous observons ainsi une déviation (ou déformation) axiale de la ligne d'empilement L. En particulier, l'aube 1 présente une première portion dont la ligne d'empilement L est sensiblement droite. Cette ligne d'empilement dite droite est située en partie inférieure de l'aube 1. Celle-ci présente une inclinaison vers l'aval, dans un plan contenant l'axe longitudinal X, par rapport à l'axe X. L'inclinaison forme un angle α compris entre 105° et 145° entre la ligne d'empilement L et l'axe X (la ligne d'empilement étant orientée vers l'aval).

De même, suivant la figure 4, une première portion du bord de fuite 6 s'étend suivant une droite formant un angle β_1 avec l'axe longitudinal. Cet angle β_1 est compris entre 90° et 120° , le bord de fuite 6 étant orienté vers l'aval. Cet angle β_1 varie à partir de l'axe longitudinal de l'amont vers l'aval. L'aube 1 présente également une deuxième portion où la ligne d'empilement L présente la courbure ou un coude. Le bord de fuite 6 présente également une courbure ou coude sur la deuxième portion de l'aube 1. En particulier, la courbure du bord de fuite 6, en partie supérieure de l'aube 1, est déterminée par un angle β_1 formé entre une droite tangente T au bord de fuite 6 et l'axe longitudinal X. Dans le présent exemple, l'angle β_1 varie en partie supérieure de l'aube 1. La partie supérieure du bord de fuite présentant la courbure est située entre 50% et 95% de la hauteur H de l'aube 1 en partant de l'extrémité de pied de l'aube. L'angle β_1 de courbure du bord de fuite 6 est compris entre 75° et 90° , le bord de fuite étant orienté vers l'amont et la valeur de 90° n'étant pas incluse. En d'autres termes, l'angle β_1 entre le l'axe longitudinal

et le bord de fuite 6 est sensiblement constant entre 0 et 50% de la hauteur de l'aube. L'angle β_1 varie ensuite entre 50% et 95% de la hauteur de l'aube 1. Nous comprenons donc qu'il n'y pas d'angle droit et donc pas de changement brusque de direction du bord de fuite. Une telle configuration permet d'une part, de réduire l'encombrement et d'autre part, de conserver une distance axiale minimale prédéterminée d proche de la distance axiale minimale prédéterminée initiale d'une aube de redresseur classique. La distance axiale minimale est mesurée entre le bord de fuite 53 de l'aube de soufflante 51 et le bord d'attaque 5 de l'aube de redresseur. Par ailleurs, la forme courbe évite d'accentuer les phénomènes de tourbillon au voisinage de l'aube qui sont responsables du bruit.

Les angles β_1 que présentent le bord de fuite 6 par rapport à l'axe longitudinal sont représentés sur un graphique de la figure 6 et de la figure 8 en comparaison avec des angles du bord de fuite des aubes de redresseur de l'état de l'art. Sur cette figure les angles du bord de fuite des aubes de l'état de l'art présentent un angle dont la valeur est comprise entre 90° et 120° et est constante le long de la hauteur de l'aube (OGV10 et OGV12), ou dont la valeur varie entre 90° et 120° entre 50% et 95% de la hauteur de l'aube (OGV11), ou dont la valeur est comprise entre 0 et 90° et est constante le long de la hauteur de l'aube (OGV13). L'aube de redresseur OGV14 représentée sur la figure 8 et qui correspond à l'aube de l'art antérieur US-B1-6554564 qui présente un angle de flèche en partie médiane de la hauteur de l'aube. La valeur de l'angle est constante sur les premiers 50% de la hauteur de l'aube à partir de l'extrémité de pied et également constante mais complètement opposé sur les derniers 50% de la hauteur de l'aube à partir de la partie médiane vers l'extrémité de tête de l'aube. Nous constatons qu'il y a une rupture des deux droites du fait du changement brusque de direction. A l'inverse, l'aube de redresseur de la présente invention présente un angle dont la valeur est constante et comprise entre 90° et 120° , entre 0 et 50% de la hauteur de l'aube, et dont la valeur varie entre 75° et 90° entre 50% et 95% de la hauteur de l'aube. La ligne représentant la variation de l'angle de l'aube 1 est continue. En d'autres

termes, il n'y a pas de rupture de la continuité dans la ligne représentant la variation de l'angle.

En particulier, il faut distinguer au moins deux domaines de variation de l'angle au niveau du bord de fuite de l'aube de redresseur suivant l'invention. Suivant une représentation mathématique avec P un point appartenant à la courbe représentant la hauteur H de l'aube de redresseur 1 et en particulier entre 50% et 95% de la hauteur H :

- le premier domaine de l'aube 1 est : Hauteur=[5% ; P] où la valeur de β_1 est supérieure ou égale à 90° , et
- le deuxième domaine de l'aube 1 est : Hauteur=[P ; 95%] où la valeur de β_1 est inférieure strictement à 90° .

Nous pouvons ainsi voir sur la figure 4, que l'extrémité de tête 4 de l'aube de redresseur 1 est raccordée au carter de soufflante 56 dans une zone de fixation plus en amont de la zone de fixation d'une aube de redresseur AR de l'art antérieur représentée en pointillée. En d'autres termes, l'extrémité de tête 4 de l'aube, de la présente invention, est décalée vers l'amont du fait de la courbure. Ce décalage et/ou la courbure permet de raccourcir la longueur, sensiblement suivant l'axe longitudinal X, de la nacelle 101. La nacelle présente ici une longueur LN comprise entre 3000 et 3800 mm prise entre une extrémité amont 20 formant une lèvre d'entrée d'air et une extrémité aval 21 formant un bord de tuyère. De préférence, mais non limitativement, la longueur LN est comprise entre 3100 et 3500 mm. Le gain de réduction de la longueur de la nacelle est compris, par exemple, entre 5 et 15 % par rapport à une nacelle de turbomachine standard sans l'invention comme celle-ci est représentée en pointillé sur la figure 4.

Plus précisément, l'agencement de l'aube 1 selon l'invention permet la réduction de la longueur de la nacelle 101 sans aggraver les nuisances acoustiques pour un même diamètre de soufflante donnée. Le gain de longueur permet de réduire la traînée aérodynamique de la turbomachine et/ou l'intégration de plus grandes surfaces de panneaux acoustiques pour une traînée équivalente comme cela est décrit plus loin dans l'invention. Le

gain acoustique est d'environ 2 EPNdB (« Effective Perceived Noise » en anglais ou « niveau de bruit effectivement perçu, en décibels »).

Pour un même diamètre de soufflante donnée, et à iso marge acoustique, le rapport de la longueur de la nacelle sur le diamètre de la soufflante (LN/DF) peut être compris entre -5% et -15% par rapport à une turbomachine sans l'invention, ce qui implique une réduction de la longueur de la nacelle comprise entre -5% et -15% par rapport à une turbomachine sans l'invention. En particulier, le rapport LN/DF est compris par exemple entre 1 et 3. Préférentiellement, mais non limitativement, le rapport est compris entre 2,1 et 2,8.

La distance axiale minimale relative entre les aubes de soufflante et les aubes de redresseur est déterminée par la relation d/C . d est la distance axiale minimale prédéterminée entre le bord de fuite 53 de la soufflante et le bord d'attaque 5 de l'aube de redresseur 1. Et C est la longueur de la corde axiale de la soufflante. La corde axiale C de la soufflante est mesurée entre le bord d'attaque 52 et le bord de fuite 53 de l'aube de soufflante.

La solution peut également se traduire par la condition suivante à respecter :

$$\left(\frac{d}{C}\right)_{50\%H < H < 95\%H} > \left(\frac{d}{C}\right)_{100\%H}$$

H correspond au rayon extérieur de l'aube de redresseur 1 pris entre l'extrémité de pied et l'extrémité de tête de l'aube 1. Autrement dit, entre 50% et 95% de la hauteur H de l'aube, la distance axiale minimale relative entre la soufflante 103 et l'aube de redresseur 1 est supérieure à la distance axiale minimale relative mesurée à l'extrémité de tête de l'aube c'est-à-dire pour 100% de la hauteur H de l'aube de redresseur 1.

Selon encore une caractéristique de l'invention, celle-ci permet d'implémenter les deux conditions suivantes :

$$\left(\frac{d}{C}\right)_{80\%H} > \alpha \left(\frac{d}{C}\right)_{100\%H}$$

$$\text{Avec } \left(\frac{d}{C}\right)_{100\%H} < \Omega.$$

Le paramètre α correspond à un facteur d'efficacité. Le paramètre α considéré comme étant supérieur à 1.1 est défini comme étant une condition

permettant de garantir l'efficacité de l'invention. Le paramètre Ω est un paramètre caractérisant la condition $\Omega < 3$ pour contraindre la longueur de la nacelle et conserver l'avantage recherché en performance. En particulier, nous considérons d la distance entre l'aube de soufflante et l'aube de redresseur en fonction de la hauteur H (d(H)), le pourcentage de hauteur de l'aube 1 avec 0% H (à l'extrémité de pied de l'aube 1) et 100% H (à l'extrémité de tête de l'aube 1). Pour chaque distance d considérée entre 50% et 95% de la hauteur de l'aube, celle-ci est supérieure à la distance d située à l'extrémité de tête de l'aube 1 (100% H) : $d(r[50\%-95\%]) > d(100\%)$. Cela permet de rapprocher l'aube de redresseur de l'aube de soufflante au niveau de l'extrémité de pied et de tête de l'aube 1 sans impacter la distance de l'aube 1 sur la portion de hauteur de l'aube comprise entre 50% et 95% où les phénomènes aéroacoustiques sont les plus intenses. En d'autres termes, la distance de propagation du sillage de la soufflante de même que sa dissipation sont maximisées et optimisées.

Etant donné que la longueur de la nacelle après les aubes (entre l'extrémité de tête de l'aube 1 et l'extrémité aval 21 de la nacelle) n'est pas raccourcie, il est possible d'envisager un traitement acoustique de la nacelle. Un tel traitement acoustique peut comprendre la disposition de panneaux acoustiques pour réduire davantage le bruit. Ces panneaux acoustiques sont avantageusement, mais non limitativement, disposés sur une face interne de la nacelle 101 en aval des aubes de redresseur 1.

Suivant un mode de réalisation illustré sur la figure 5, la forme de l'aube 1 est caractérisée par la relation suivante :

$$0,1 < \left(\frac{L2}{L1} \right)_{50\%H < H < 95\%H} < 0,5.$$

L2 correspond à la distance minimale entre le bord d'attaque 5 de l'aube de redresseur 1 et la ligne A passant par l'extrémité de pied et l'extrémité de tête de l'aube pris au bord d'attaque 5. L1 correspond à la longueur entre cette même ligne A et le bord de fuite 6 de l'aube de redresseur. Les bornes inférieures (0,1) et supérieures (0,5) sont déterminées de façon à limiter l'angle maximal de l'inclinaison de la ligne d'empilement L à l'extrémité de pied 3 de l'aube de redresseur 1 tout en limitant la courbure de la ligne

d'empilement. Nous obtenons une forme curviligne permettant de limiter les contraintes structurelles (souplesse de l'aube de redresseur). Cela représente un avantage particulier pour une aube de redresseur peu structurale (qui ne contribue pas à la suspension du moteur).

5 Suivant encore un autre mode de réalisation illustré sur la figure 7, l'aube 1 présente les mêmes caractéristiques que celle représentée sur les figures 4 et 5. Les éléments décrits précédemment sont désignés dans la suite de la description par les mêmes références numériques. La nacelle enveloppe l'aube 1 et la soufflante. Comme nous pouvons le voir, l'extrémité
10 aval de l'extrémité de tête de l'aube 1 est située en aval de l'extrémité aval du carter de soufflante pour diminuer la masse de la turbomachine. La nacelle est fabriquée dans des matériaux plus légers que le carter de soufflante. Nous cherchons ainsi à limiter l'extension du carter de soufflante pour le remplacer par la nacelle. Les équipements de la nacelle tels qu'un
15 inverseur de poussée peuvent être intégrer plus en amont, et en particulier plus proche de la soufflante ce qui permet de diminuer l'extension axiale de la nacelle et de la turbomachine. L'extrémité aval de l'extrémité de tête 4 est située en vis-à-vis de la nacelle 101.

REVENDEICATIONS

1. Aube (1) de redresseur de turbomachine (100) double flux d'axe longitudinal (X), l'aube (1) comprenant une pluralité de sections d'aube (2) empilées radialement vis-à-vis de l'axe (X) le long d'une ligne d'empilement (L) entre une extrémité de pied (3) et une extrémité de tête (4), chaque section d'aube (2) comprenant une surface intrados (7) et une surface extrados (8) s'étendant axialement entre un bord d'attaque (5) amont et un bord de fuite (6) aval et étant opposées tangentiellement,
- caractérisé en ce qu'**entre les bords d'attaque (5) et de fuite (6) de chaque section d'aube (2) est formée une corde de profil (CA) de longueur sensiblement constante entre l'extrémité de tête (4) et l'extrémité de pied (3), et en ce que la ligne d'empilement (L) présente une courbure, dans un plan passant sensiblement par l'axe (X) et par la ligne d'empilement (L), située au voisinage de l'extrémité de tête (4) et orientée de l'aval vers l'amont.
2. Aube (1) selon la revendication 1, caractérisée en ce que la courbure de la ligne d'empilement (L) est continue et progressive.
3. Aube (1) selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que la courbure est située entre 50% et 95% de la hauteur de l'aube (1) entre l'extrémité de pied (2) et l'extrémité de tête (4).
4. Aube (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la forme de l'aube entre 50% et 95% de la hauteur de l'aube est déterminée par la relation suivante : $0,1 < (L2/L1)_{50\%H < H < 95\%H} < 0,5$, avec L2 correspondant à la distance minimale entre le bord d'attaque de l'aube et une ligne (A) passant par l'extrémité de pied et l'extrémité de tête de l'aube, L1 correspondant à la longueur entre

cette même ligne (A) et le bord de fuite (6) de l'aube, et H étant la hauteur de l'aube.

5. Aube (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle présente une première portion de pied dont la ligne d'empilement (L) s'étend suivant une droite et une deuxième portion de tête dont la ligne d'empilement (L) comprend la courbure.
6. Aube (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le bord d'attaque (5) présente une portion concave et le bord de fuite (6) présente une portion convexe au niveau de la courbure.
7. Ensemble comprenant une nacelle (101) de turbomachine double flux s'étendant suivant un axe longitudinal (X) et un carter de soufflante (56) solidarisé à la nacelle, le carter de soufflante (56) entourant une soufflante (103) et délimitant en aval de la soufflante (103) une veine annulaire (55) dans laquelle circule un flux d'air, caractérisé en ce que le carter de soufflante (56) comprend une rangée annulaire d'aubes de redresseur (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 agencées en aval des aubes de soufflante (51) transversalement dans la veine annulaire (55).
8. Ensemble selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la nacelle (101) présente une longueur (LN) sensiblement suivant l'axe longitudinal (X) et la soufflante (103) présente un diamètre (DF), sensiblement suivant l'axe radial, le rapport (LN/DF) de la longueur de la nacelle sur le diamètre de la soufflante étant compris entre 1 et 3.
9. Ensemble selon l'une des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que la distance axiale relative entre une aube de soufflante (51) et une aube de redresseur (1) est déterminée par la condition suivante :

- (d/C), avec d étant la distance axiale minimale prédéterminée entre un bord de fuite (53) de la soufflante et le bord d'attaque (5) de l'aube de redresseur (1), et C étant la longueur de la corde axiale de l'aube de soufflante (103), et en ce que la courbure de la ligne d'empilement (L) est déterminée par la relation suivante: $(d/C)_{50\% H < H < 95\% H} > (d/C)_{100\% H}$, avec H étant la hauteur de l'aube de redresseur entre l'extrémité de tête (4) et l'extrémité de pied (3).
- 5
10. Turbomachine (100) double flux, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins une aube de redresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 ou un ensemble selon l'une quelconque des revendications 7 à 9.
- 10

ABRÉGÉ**AUBE DE REDRESSEUR DE SOUFFLANTE DE TURBOMACHINE,
ENSEMBLE COMPRENANT UNE TELLE AUBE ET TURBOMACHINE
5 EQUIPEE DE LADITE AUBE OU DUDIT ENSEMBLE .**

L'invention concerne un aube (1) redresseur de turbomachine (100) double flux d'axe longitudinal (X), l'aube (1) comprenant une pluralité de section d'aube (2) empilées radialement vis-à-vis de l'axe (X) le long d'une
10 ligne d'empilement (L) entre une extrémité de pied (3) et une extrémité de tête (4), chaque section d'aube (2) comprenant une surface intrados (7) et une surface extrados (8) s'étendant axialement entre un bord d'attaque (5) amont et un bord de fuite (6) aval et étant opposées tangentiellement.

Selon l'invention, entre les bords d'attaque (5) et de fuite (6) de
15 chaque section d'aube (2) est formée une corde de profil (CA) de longueur sensiblement constante entre l'extrémité de tête (4) et l'extrémité de pied (3), et en ce que la ligne d'empilement (L) présente une courbure, dans un plan passant sensiblement par l'axe (X) et par la ligne d'empilement (L), située au voisinage de l'extrémité de tête (4) et orientée de l'aval vers l'amont.

20

Figure pour l'abrégé : figure 4

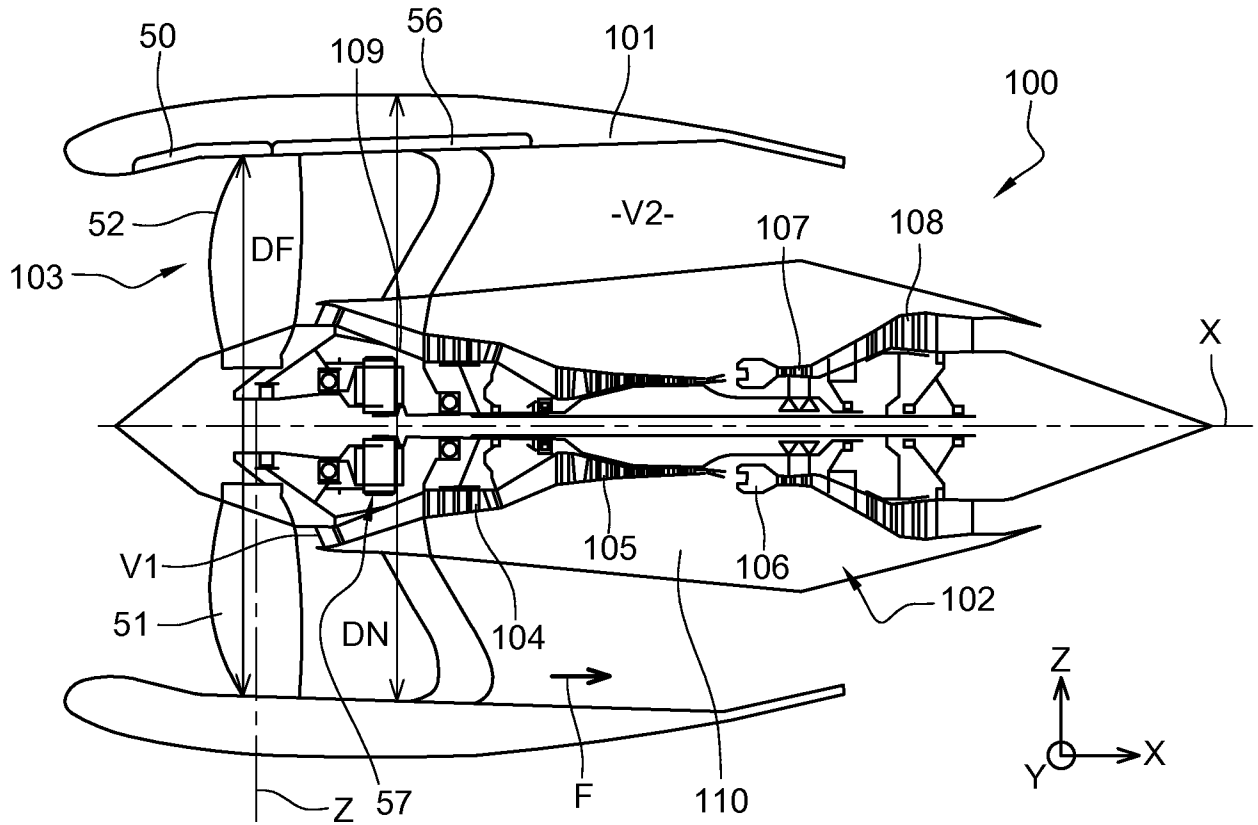


Fig. 1

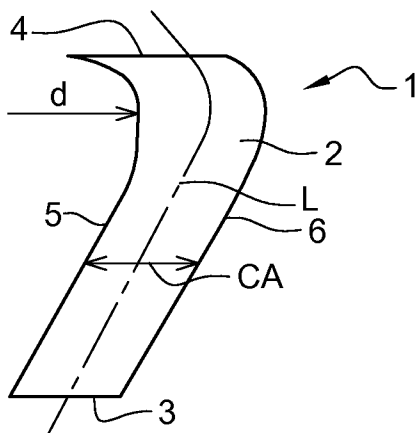


Fig. 2

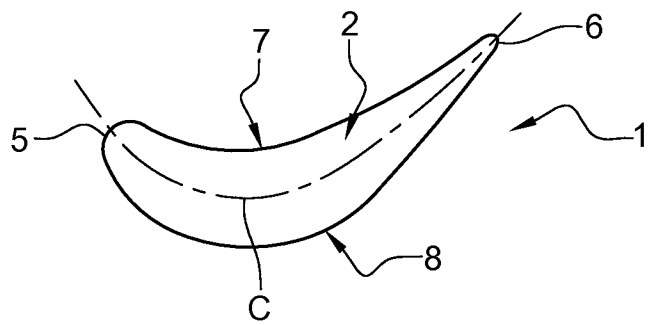


Fig. 3

