

(12) BREVET D'INVENTION BELGE

(47) Date de publication : 29/11/2021

(21) Numéro de demande : BE2020/5273

(22) Date de dépôt : 23/04/2020

(62) Divisé de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : F01D 17/16, F04D 19/02, F04D 27/02

(30) Données de priorité :

(73) Titulaire(s) :

SAFRAN AERO BOOSTERS
SA
4041, HERSTAL
Belgique

(72) Inventeur(s) :

PRINCIVALLE Rémy Henri Pierre
4041 HERSTAL
Belgique

(54) Méthode et système de contrôle d'un calage variable d'aubes d'un redresseur d'un compresseur basse pression d'une turbomachine d'aéronef

(57) L'invention concerne une méthode de contrôle d'un calage variable d'aubes d'un redresseur (121) d'un compresseur basse pression (120) d'une turbomachine d'aéronef (100) sur base d'une pluralité de paramètres obtenus au préalable relatifs à ce compresseur basse pression et à un compresseur haute pression (130) situé en aval du compresseur basse pression, le long d'un axe moteur. L'invention concerne également un système de contrôle (1) pour mettre en œuvre cette méthode de contrôle.

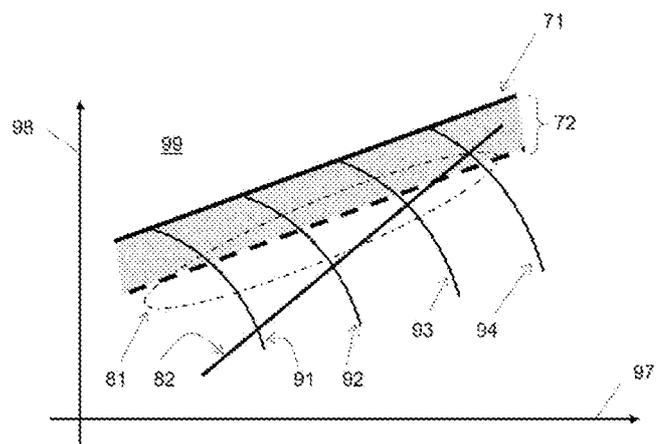


Fig. 3

Méthode et système de contrôle d'un calage variable d'aubes d'un redresseur d'un compresseur basse pression d'une turbomachine d'aéronef

Domaine technique

5 La présente invention concerne à la fois une méthode et un système de contrôle d'un calage variable d'aubes d'un redresseur d'un compresseur basse pression d'une turbomachine d'aéronef.

Art antérieur

10 Généralement, une turbomachine d'aéronef comprend au moins un compresseur pour aspirer et comprimer de l'air pour l'amener à des vitesses, pression et température adaptées, préalablement à son acheminement dans une chambre de combustion. Un tel compresseur comprend typiquement une pluralité d'étages alignés le long d'un axe moteur. Chaque étage est constitué d'un organe mobile (ou partie rotorique) et d'un organe fixe (ou partie statorique), cet organe

15 fixe étant appelé dans le cas présent « redresseur ». Les organes mobiles et fixes des étages sont ainsi alternés le long de l'axe moteur. Chaque tel organe est constitué d'un aubage, c'est-à-dire un anneau d'aubes agencées autour de l'axe

20 moteur. Des paramètres tels que les dimensions et la géométrie de surface des aubes sont déterminés pour que les conditions de fonctionnement de chaque étage soit adaptées à celles des étages en amont et/ou en aval le long de l'axe

25 moteur. En particulier, les aubages mobiles apportent une énergie en augmentant la vitesse relative de l'écoulement d'un flux d'air traversant le compresseur, et les aubages fixes ramènent l'écoulement parallèlement à l'axe moteur tout en augmentant la pression et en diminuant la vitesse absolue de l'écoulement.

 Chaque aube fixe a un profil aérodynamique donné et présente un angle dit « de calage » par rapport à l'axe moteur pour imposer un sens d'écoulement. Ces notions sont connues d'un homme du métier.

Il est connu dans certains cas de munir un ou plusieurs redresseurs d'un compresseur d'un système de calage variable pour modifier ledit angle de calage de ses aubes, de façon à optimiser l'écoulement du flux d'air entre des étages du compresseur et à améliorer l'opérabilité et la stabilité du compresseur.

5 Ces aubes sont alors dites à « calage variable ». Ce système de calage variable comprend en général un anneau couplé mécaniquement aux aubes et ajusté extérieurement autour d'un carter du compresseur, ainsi qu'une unité de déplacement, typiquement un ou plusieurs vérins, pour déplacer cet anneau, et modifier en conséquence de façon synchronisée le calage des aubes. Un tel
10 anneau est généralement appelé « anneau VSV ». Il est connu d'un homme du métier d'utiliser de tels systèmes de calage variable notamment pour certains redresseurs d'un compresseur haute pression d'une turbomachine d'aéronef à deux compresseurs. Le document EP 2 486 244 B1 propose de déterminer un calage des aubes d'un redresseur d'un compresseur haute pression en fonction
15 du débit de carburant dans le cadre particulier d'une turbomachine d'aéronef fonctionnant en régime stabilisé. Le document EP 2 148 044 A2 propose aussi de déterminer un tel calage d'aubes en fonction de paramètres de fonctionnement du compresseur haute pression.

Il est désiré que les turbomachines d'aéronef présentent un meilleur
20 rendement. Une piste pour y arriver est d'accroître la vitesse de rotation du compresseur basse pression. En particulier, il est prévu d'accroître sa vitesse de rotation d'au moins 50%. Les phénomènes aérodynamiques et mécaniques résultants sont susceptibles d'être assez différents de ceux rencontrés jusqu'ici, et nécessitent des adaptations dans la conception même du compresseur basse
25 pression. Une de ces adaptations consiste à intégrer un système de calage variable sur au moins un des redresseurs du compresseur basse pression dans le but d'optimiser et de réguler l'écoulement du flux d'air. De tels systèmes de calage variable prévoient généralement un calage des aubes sur base du régime même du compresseur basse pression.

Résumé de l'invention

Un objet de la présente invention est de fournir une méthode de contrôle d'un calage variable d'aubes d'un redresseur d'un compresseur basse pression d'une turbomachine d'aéronef permettant d'accroître le rendement de ce
5 dernier.

À cet effet, la présente invention propose une méthode de contrôle (et/ou méthode d'ajustement) d'un calage variable d'aubes d'un redresseur d'un compresseur basse pression d'une turbomachine d'aéronef, pour une turbomachine d'aéronef comprenant également un compresseur haute pression
10 situé en aval du compresseur basse pression, le long d'un axe moteur de la turbomachine d'aéronef, cette méthode comprenant les étapes suivantes :

- (a) obtenir les paramètres suivants :
 - une vitesse de rotation du compresseur basse pression,
 - une température en entrée du compresseur basse pression ;
- 15 (b) obtenir en outre les paramètres additionnels suivants :
 - une vitesse de rotation du compresseur haute pression,
 - une température en sortie du compresseur basse pression ;
- (c) déterminer un calage variable des aubes en fonction des paramètres des étape (a) et (b) ;
- 20 (d) ajuster le calage variable des aubes en fonction de la détermination de l'étape (c).

La méthode selon l'invention permet de déterminer, de contrôler et d'ajuster le calage variable des aubes de façon à réduire la marge minimale nécessaire entre la ligne de fonctionnement du compresseur basse pression et sa ligne de pompage dans son champ de fonctionnement, et donc d'accroître le
25 rendement de ce compresseur.

L'origine de cet effet technique avantageux est maintenant exposée. Alors qu'il paraît intuitif de déterminer un calage variable des aubes sur base des paramètres relatifs au compresseur basse pression tels que ceux de l'étape (a),
30 l'invention propose de façon innovante de tenir aussi compte des paramètres

relatifs au compresseur haute pression de l'étape (b). L'intérêt de tenir compte de ces paramètres est qu'ils influent sur le débit réduit du compresseur haute pression et impactent donc significativement le débit réduit du compresseur basse pression. En tenir compte permet de réduire l'incertitude sur le fonctionnement du compresseur basse pression et notamment de réduire la marge minimale qui est
5 nécessaire entre la ligne de fonctionnement de ce compresseur et sa ligne de pompage dans son champ de fonctionnement. Dès lors, il est possible d'ajuster le calage variable des aubes à l'étape (d) selon la détermination de l'étape (c) de façon à accroître le rendement du compresseur basse pression par une réduction
10 de la marge minimale susdite. De préférence, ce rendement est accru de 1 à 2% par rapport à un calage des aubes qui ne serait déterminé que sur base des paramètres de l'étape (a).

L'invention se distingue en particulier des méthodes de contrôle du calage variable d'aubes pour un compresseur haute pression selon l'état de la
15 technique qui ne prennent essentiellement en compte, dans le contrôle, que des paramètres liés au comportement propre du compresseur haute pression et pas à celui d'autres compresseurs, et ce notamment car il n'existe pas d'autres compresseurs en aval du compresseur haute pression dans une turbomachine d'aéronef axiale.

20 De façon préférée et plus précise, l'étape (c) comprend les sous-étape suivantes :

- (i) calculer une vitesse de rotation réduite du compresseur basse pression en fonction de chacun des paramètres de l'étape (a) ;
- (ii) estimer un débit réduit du compresseur haute pression en fonction de
25 chacun des paramètres de l'étape (b) ;
- (iii) déterminer le calage variable des aubes en fonction de :
 - la vitesse de rotation réduite calculée à la sous-étape (i), et
 - le débit réduit estimé à la sous-étape (ii).

30 En particulier, la vitesse de rotation réduite du compresseur basse pression (ci-après notée $N1R$) est de préférence exprimée comme le quotient de

la vitesse de rotation du compresseur (ci-après notée $N1$) par la racine carrée de la température en entrée du compresseur (ci-après notée $\sqrt{T2}$), c'est-à-dire $N1R = N1/\sqrt{T2}$. Le débit réduit du compresseur haute pression dépend quant à lui directement de la vitesse de rotation réduite du compresseur haute pression (ci-après notée $N2R$) qui est exprimée préférentiellement comme le quotient de la vitesse de rotation de ce compresseur (ci-après notée $N2$) par la racine carrée de la température en sortie du compresseur basse pression (ci-après notée $\sqrt{T25}$), c'est-à-dire $N2R = N2/\sqrt{T25}$.

Plus préférentiellement encore, la sous-étape (iii) comprend les sous-étapes suivantes :

- (iii.1) déterminer une ligne de fonctionnement du compresseur basse pression dans un champ de fonctionnement de ce dernier, pour la vitesse de rotation réduite calculée à la sous-étape (i) et pour le débit réduit estimé à la sous-étape (ii) appliqué en sortie du compresseur basse pression ;
- (iii.2) définir une ligne de pompage et une marge minimale au pompage du compresseur basse pression dans le champ de fonctionnement ;
- (iii.3) déterminer une position de rendement optimal du compresseur basse pression sur la ligne de fonctionnement, en tenant compte de la marge minimale au pompage ;
- (iii.4) déterminer le calage variable des aubes associé à la position de rendement optimal déterminée à la sous-étape (iii.3).

Cette implémentation préférée de la sous-étape (iii) permet de tenir pleinement compte d'une succession des deux compresseurs le long de l'axe moteur et donc de l'influence entre leur débit réduit respectif. En effet, le débit réduit du compresseur basse pression (ci-après noté $W2R$) s'exprime par le quotient du produit du débit réel du compresseur basse pression (ci-après noté $W2$) et de la racine carrée de la température en entrée du compresseur basse pression, sur la pression en entrée du compresseur basse pression (ci-après notée $P2$), c'est-à-dire, $W2R = W2 \sqrt{T2} / P2$. En appliquant le débit réduit du compresseur haute pression (ci-après noté $W25R$) estimé en sous-étape (ii) en

sortie du compresseur basse pression, pour une vitesse de rotation constante (donc sur une iso-vitesse du champ de fonctionnement), il suit que ce débit réduit correspond au quotient du produit du débit réel du compresseur basse pression et de la racine carrée de la température en sortie du compresseur basse pression, sur la pression en sortie du compresseur basse pression (ci-après notée P25), c'est-à-dire, $W_{25R} = W_2 \sqrt{T_{25}} / P_{25}$. Etant donné que le taux de compression du compresseur basse pression n'est autre que le quotient des pressions P25/P2, il est rendu possible de déterminer le calage variable des aubes associé à un positionnement optimal du point de fonctionnement du compresseur basse pression dans son champ de fonctionnement, optimisant ainsi son rendement. Alternativement, de façon plus compacte, en notant θ ce calage variable, il est obtenu l'expression $\theta = f(W_{25R})$ où f est une fonction (susceptible de dépendre des paramètres de l'étape (a)).

Dans le cadre de ce document, il est rappelé que le terme « ligne de fonctionnement » du compresseur fait préférentiellement référence à une ligne du champ de fonctionnement du compresseur (ce champ comprenant les points de coordonnées (débit réduit, taux de compression)) sur laquelle se place des points de fonctionnement du compresseur, faisant de telle sorte correspondre ensemble un débit réduit et un taux de compression du compresseur, pour une vitesse de rotation (en d'autres termes, un régime) constante du compresseur. De façon pratique, une telle ligne de fonctionnement est déterminée par des essais à des vitesses de rotation données du compresseur. Une telle ligne de fonctionnement du compresseur coupe dès lors les courbes d'iso-vitesses de son champ de fonctionnement. Il est également rappelé que le terme « ligne de pompage » fait préférentiellement référence à une ligne du champ de fonctionnement du compresseur comprenant des points auxquels le rendement du compresseur chute suite à un décrochage aérodynamique des aubes. Il est important d'éviter qu'un tel décrochage se produise (et donc que cette ligne de pompage soit atteinte) car, dans ce cas, le compresseur serait susceptible de ne plus pouvoir assurer un niveau de pression suffisant, altérant alors dangereusement le

fonctionnement global de la turbomachine d'aéronef. Etant donné que la ligne de pompage est généralement déterminée par des essais à des vitesses de rotation données du compresseur, sa définition comprend certaines incertitudes, et notamment des incertitudes liées à des paramètres de fonctionnement en temps

5 réel du compresseur. Il est donc nécessaire de garder une distance de sécurité (appelée « marge » ou « marge au pompage » dans le cadre de ce document et selon la terminologie de l'homme du métier) entre les lignes de pompage et de fonctionnement du compresseur car cette dernière est susceptible de varier lors

10 du fonctionnement du compresseur. Toutes les notions rappelées ci-dessus sont classiques et connues d'un homme du métier aérodynamicien de compresseur. L'invention propose avantageusement de tenir pleinement compte de tous les paramètres des étapes (a) et (b) dans le calage variable des aubes de façon à réduire le requis de marge permettant ainsi à la ligne de fonctionnement du compresseur d'être plus proche de la ligne de pompage, et donc d'optimiser le

15 rendement du compresseur.

La marge minimale est de préférence définie à la sous-étape (iii.2) en fonction d'une évaluation préalable :

- d'une incertitude de fabrication du compresseur basse pression, et/ou
- d'un vieillissement du compresseur basse pression, et/ou

20

- d'une incertitude de mesure d'un régime de la turbomachine d'aéronef, et/ou
- d'une distorsion de conditions aérodynamiques en entrée du compression basse pression, et/ou
- d'une incertitude (de mesure) sur les paramètres des étape (a) et (b), et/ou
- d'une incertitude de mesure du calage variable des aubes.

25 À défaut de connaître avec précision la ligne de pompage, comme la zone d'incertitude de son positionnement dans le champ de fonctionnement du compresseur basse pression dépend de paramètres relatifs à la fabrication, au fonctionnement et au vieillissement de ce compresseur, tels que ceux qui sont mentionnés ci-dessus, il est possible de définir une marge au pompage prenant

pleinement en compte l'incertitude et les variations en temps réel de la ligne de pompage.

Comme mentionné plus haut, le débit réduit du compresseur haute pression dépend directement de la vitesse de rotation réduite du compresseur haute pression qui est exprimée en fonction des paramètres de l'étape (b).
5 Toutefois, le débit réduit du compresseur haute pression est susceptible de dépendre d'autres paramètres tels qu'un :

- calage variable d'aubes du compresseur haute pression lorsque ce dernier en comporte, et/ou
- 10 - prélèvement en puissance sur un arbre du compresseur haute pression, lorsque cela s'applique, et/ou
- prélèvement d'air en sortie du compresseur basse pression et/ou dans le compresseur haute pression, lorsque cela s'applique.

Chacun de ces paramètres est susceptible de modifier la ligne de
15 fonctionnement du compresseur haute pression et d'impacter aussi la ligne de fonctionnement du compresseur basse pression. En effet, par exemple, une augmentation de prélèvement en air en sortie du compresseur basse pression (VBV) et/ou dans le compresseur haute pression (typiquement pour une pressurisation de la cabine de l'aéronef) engendre une baisse de la ligne de
20 fonctionnement du compresseur haute pression, et donc une augmentation de son débit réduit. De façon semblable, une augmentation de prélèvement en puissance sur un arbre du compresseur haute pression (typiquement pour un besoin de puissance électrique de l'aéronef) engendre une montée de la ligne de
25 fonctionnement du compresseur haute pression, et donc une diminution de son débit réduit. Tel qu'expliqué ci-dessus, cette modification du débit réduit du compresseur haute pression influence alors le débit réduit du compresseur basse pression et donc sa ligne de fonctionnement. C'est la raison pour laquelle, les paramètres de l'étape (b) comprennent, de préférence, au moins un quelconque parmi ces autres paramètres, plus préférentiellement plusieurs d'entre eux, et plus
30 préférentiellement encore, tous. La prise en compte de ces paramètres a donc

pour effet d'accroître la précision avec laquelle le débit réduit du compresseur haute pression peut être déterminé et donc aussi d'améliorer la précision de la détermination du calage variable des aubes et limitant par la même occasion la marge minimale au pompage nécessaire.

5 Les paramètres des étapes (a) et (b) sont préférentiellement obtenus par mesures. Chacun des trois paramètres susmentionnés sont mesurés de façon préférée et respective par une mesure de position d'au moins un vérin (dans le cas d'un système de calage variable muni d'un anneau VSV), par une mesure électrotechnique sur une génératrice de la turbomachine d'aéronef et/ou en sortie
10 d'aéronef, et par une mesure de position d'au moins une vanne associée audit prélèvement d'air. Il est à noter que les techniques de prise de mesures de la vitesse de rotation ainsi que de la température en entrée et/ou en sortie d'un compresseur, par exemple, au moyen de capteurs dédiés, sont très largement connues d'un homme du métier.

15 De façon plus générale et préférée, les paramètres mesurés à l'étape (b) comprennent tout paramètre technique dont est susceptible de dépendre le débit réduit du compresseur haute pression. Comme expliqué précédemment, cette approche se distingue fortement de celle du contrôle de calage variable des aubes d'un compresseur haute pression car elle propose avantageusement de
20 tenir compte de ces paramètres de l'étape (b) influençant le fonctionnement du compresseur haute pression, et donc de ne pas se limiter aux seuls paramètres de l'étape (a) relatifs au fonctionnement du compresseur basse pression.

Selon un mode réalisation particulier de la méthode selon l'invention, lorsque la turbomachine d'aéronef comprend une soufflante munie d'un calage variable, la méthode comprend une étape (a') de mesure de ce calage variable de
25 la soufflante et la détermination du calage variable des aubes à l'étape (c) se fait aussi sur base de cette mesure du calage variable de la soufflante.

Un autre objet de la présente invention est de fournir un système de contrôle d'un calage variable d'aubes d'un redresseur d'un compresseur basse

pression d'une turbomachine d'aéronef permettant d'accroître le rendement de ce dernier.

À cet effet, l'invention propose un système de contrôle (et/ou système d'ajustement) pour mettre en œuvre la méthode de contrôle selon l'invention,

5 comprenant :

- des moyens de mesure pour :

- déterminer les paramètres des étapes (a) et (b) de la méthode susdite,
- mettre œuvre l'étape (a') de la méthode lorsque cette dernière comprend cette étape, et

10 • mesurer le calage variable des aubes ;

- une unité logique couplée aux moyens de mesure pour recevoir des mesures de ceux-ci, et configurée pour mettre en œuvre l'étape (c) de la méthode;

- une unité de commande couplée à l'unité logique pour ajuster un calage des aubes sur base d'une détermination de calage variable fournie par l'unité

15 logique.

Les modes de réalisation préférés et les avantages de la méthode de contrôle selon l'invention se transposent mutatis mutandis au présent système de contrôle. En particulier, ce système permet de déterminer et d'ajuster le calage variable des aubes de façon à accroître le rendement du compresseur basse
20 pression. Pour un système de calage des aubes muni d'un anneau VSV, l'unité de commande agit préférentiellement directement sur au moins un vérin du système de calage variable, de façon à modifier la position de l'anneau VSV et donc le calage des aubes du redresseur.

Selon un mode de réalisation préféré du système de contrôle, l'unité
25 logique est connectée électroniquement aux moyens de mesure pour recevoir des mesures de ceux-ci, et configurée pour générer un signal correspondant à une instruction de variation du calage variable des aubes lorsque le calage variable des aubes mesuré par les moyens de mesure et celui déterminé à l'étape (c) de la méthode ne correspondent pas. Préférentiellement, l'unité de commande est

connectée électroniquement à l'unité logique pour recevoir le signal, et configurée pour commander mécaniquement l'instruction.

La présente invention propose aussi une turbomachine d'aéronef comprenant un compresseur basse pression et un compresseur haute pression
5 situé en aval du compresseur basse pression, le long d'un axe moteur, le compresseur basse pression comprenant au moins un redresseur comprenant des aubes et un système de calage variable de ces aubes, et comprenant en outre le système de contrôle selon l'invention.

Les modes de réalisation préférés et les avantages du système de
10 contrôle selon la présente invention se transposent mutatis mutandis à la turbomachine d'aéronef selon l'invention.

L'usage, dans le présent document, du verbe « comprendre », de ses variantes, ainsi que ses conjugaisons, ne peut en aucune façon exclure la présence d'éléments autres que ceux mentionnés. L'usage, dans le présent
15 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 », « 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
20 éléments.

Il est rappelé que la présente invention concerne le domaine technique des compresseurs d'une turbomachine d'aéronef. Celui-ci est très particulier et fait intervenir des contraintes techniques spécifiques aux compresseurs. En particulier, il a lieu de ne pas confondre et/ou amalgamer ce domaine technique à
25 celui distinct des turbines d'une turbomachine d'aéronef. Il est notamment rappelé que l'objet d'un compresseur est de compresser de l'air pénétrant dans la turbomachine d'aéronef, à l'entrée de celle-ci, alors que celui d'une turbine est de détendre un gaz à la sortie de la chambre de combustion de la turbomachine d'aéronef. Les rôles, positions et contraintes techniques (par exemple, les vitesses
30 de rotations, les températures, l'exposition à des débris extérieurs, ...) associées

au fonctionnement d'un compresseur et d'une turbine d'une turbomachine d'aéronef sont notamment complètement différents. Un homme du métier intéressé par le domaine technique des compresseurs de turbomachines d'aéronef, et a fortiori dans le contexte technique de la présente invention très
5 particulier introduit dans l'art antérieur, ne consulterait pas et ne s'inspirerait pas d'un document de l'état de la technique relatif aux turbines de turbomachines d'aéronef pour développer une invention relative aux compresseurs sans qu'il ressorte clairement de cet état de la technique comment prendre en compte les nombreuses différences techniques entre ces domaines techniques.

10 **Brève description des figures**

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit pour la compréhension de laquelle on se reportera aux figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 illustre une vue schématique d'une coupe bidimensionnelle d'un
15 mode de réalisation d'une turbomachine d'aéronef sur laquelle il est prévu d'intégrer le système de contrôle selon l'invention ;
- les figures 2 et 3 illustrent schématiquement un champ de fonctionnement d'un compresseur basse pression d'une turbomachine d'aéronef ;
- la figure 4 illustre une vue schématique d'un système de contrôle selon un
20 mode de réalisation préféré de l'invention.

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 de ce document, les éléments identiques ou analogues peuvent porter les mêmes références. En outre, la présence de numéros ou lettres
25 de référence aux dessins ne peut être considérée comme limitative.

Description détaillée de modes de réalisation particuliers de l'invention

Cette partie du texte présente une description détaillée de modes de réalisation préférés de la présente invention. Cette dernière est décrite avec des réalisations particulières et des références à des figures mais l'invention n'est pas

limitée par celles-ci. En particulier, les dessins ou figures décrits ci-dessous ne sont que schématiques et ne sont pas limitants.

Plusieurs références sont représentées sur certaines de ces figures essentiellement comme repères géométriques abstraits dans le but de quantifier et/ou visualiser des propriétés de modes de réalisation de l'invention. Par exemple, la référence Z désigne ci-après une direction parallèle à l'axe le long duquel sont assemblés les étages d'un compresseur d'une turbomachine d'aéronef. Cet axe correspond préférentiellement à l'« axe moteur » de la turbomachine d'aéronef et est dirigé d'« amont » en « aval ». Les termes « en entrée » et « en sortie » d'un compresseur » font, quant à eux, référence aux extrémités respectivement amont et aval du compresseur. Dans le cadre de ce document, il est également fait référence aux directions qui suivent :

- « axiale » consistant de préférence en une direction parallèle à l'axe moteur,
- « circonférentielle » consistant de préférence en une direction essentiellement elliptique, préférentiellement circulaire, autour de à l'axe moteur; et
- « radiale » consistant de préférence en une direction perpendiculaire à l'axe moteur.

Les termes « axialement » et « radialement » sont respectivement dérivés des termes « axial » et « radial » avec une signification préférentielle analogue. Les termes « circonférentielle » et « radiale » font préférentiellement référence à un système de coordonnées polaires connu d'un homme du métier dans chaque plan perpendiculaire à l'axe moteur. La figure 1 comprend un repère qui illustre de façon schématique ces directions axiale Z, radiale R et circonférentielle C.

La figure 1 illustre une coupe d'une turbomachine d'aéronef 100 sur laquelle il est prévu d'intégrer le système de contrôle selon l'invention. Il s'agit plus précisément d'une turbomachine axiale à double flux comprenant de façon successive, le long de l'axe moteur, 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. En fonctionnement, la puissance

mécanique des turbines basse 150 et haute 140 pression est transmise via des arbres 101 et 102 aux compresseurs basse 120 et haute 130 pression respectivement, ainsi qu'à la soufflante 110 via l'arbre 101. Les rotors de ces compresseurs tournent autour de l'axe moteur leur permettant d'aspirer et de

5 compresser de l'air pour l'amener à des vitesses, pressions et températures adaptées, jusqu'à l'entrée de la chambre de combustion 160. La soufflante 110 permet de générer des flux d'air primaire 106 et secondaire 107 en amont du compresseur basse pression 120. Le flux d'air primaire 106 est principalement destiné à traverser axialement la turbomachine d'aéronef 100, alimentant par cette occasion

10 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 et chaque étage comprend un aubage fixe et un aubage mobile apte à être mis en rotation autour

15 de l'axe moteur. Pour le compresseur basse pression 120, ces aubages fixes et mobiles sont respectivement référencés par 121 et 122. Dans la figure illustrée, des aubages fixes du compresseurs haute pression 130 situés en amont de ce dernier sont munis d'un système de calage variable 133 des aubes. Conformément à l'exposé de la section d'art antérieur, le compresseur basse

20 pression 120 est prévu pour une vitesse de rotation plus élevée que ceux qui sont actuellement utilisés, et il est muni d'un système de calage variable 123 sur un aubage fixe 121 en amont du compresseur basse pression 120. Il est à noter que cette représentation n'est aucunement limitative du nombre ou de la position des systèmes de calage variable qu'est susceptible de comprendre le compresseur

25 basse pression 120. Le système de calage variable 123 comprend de préférence un anneau VSV et au moins un vérin couplé mécaniquement à l'anneau. Etant donné que la vitesse de la soufflante 110 est limitée, il peut être nécessaire d'adjoindre un réducteur 111 pour réduire sa vitesse de rotation par rapport à celle de l'arbre 101 auquel elle est associée, de la turbine 150 et du compresseur 120

30 basse pression. Par ailleurs, dans le cas où la soufflante 110 est de grand

diamètre (et plus particulièrement dans le cas d'une turbomachine d'aéronef du type UHBR), il peut être également prévu d'adjoindre un système de calage variable 112 à la soufflante 110.

La figure 2 illustre une configuration du champ de fonctionnement 99 du compresseur basse pression 120. Les axes 97 et 98 indiquent de façon
5 respective le débit réduit $W2R = W2 \sqrt{T2} / P2$ et le taux de compression $P25/P2$ du compresseur basse pression 120. Une ligne de pompage 71 est estimée et une marge (au pompage) minimale 72 est définie. Des courbes d'iso-vitesses croissantes 90A, 90B, 90C sont représentées. Sur une de ces courbes 90A, 90B,
10 90C, un point de fonctionnement d'une ligne de fonctionnement 80 du compresseur basse pression 120 est donnée par le débit réduit en sortie de ce dernier, à savoir $W25R = W2 \sqrt{T25} / P25$, qui correspond essentiellement au débit réduit du compresseur haute pression 130. Ainsi, une variation de ce débit réduit $W25R$ va affecter la ligne de fonctionnement 80 du compresseur basse pression
15 120 et donc son débit réduit $W2R$. Par exemple, il est illustré en figure 2 que, sur une même courbe d'iso-vitesse, pour un débit réduit $W25R$ plus grand du compresseur haute pression 130, la ligne de fonctionnement 80' migre et le taux de compression du compresseur basse pression 120 devient plus faible et donc plus éloigné de la ligne de pompage 71, affectant ainsi les performances du
20 compresseur basse pression 120. Cet exemple l'importance de tenir compte des paramètres de l'étape (b) relatif au compresseur haute pression 130 lors de la détermination du calage variable des aubes d'un aubage fixe 121 (aussi appelé « redresseur ») du compresseur basse pression 120. Cette prise en compte de paramètres relatifs au fonctionnement du compresseur haute pression 130 dans
25 le contrôle du calage variable des aubes du redresseur 121 du compresseur basse pression 120 est au cœur de l'invention et se distingue particulièrement de la pratique en matière de contrôle de calage variable pour le compresseur haute pression 130, un tel contrôle reposant généralement uniquement sur la prise en compte de paramètres associés au fonctionnement de ce même compresseur.

La figure 3 illustre une configuration du champ de fonctionnement 99 du compresseur basse pression 120. Les références identiques à celles de la figure 2 correspondent à des éléments identiques. Dans cette configuration, les courbes 91, 92, 93 et 94 représentent des courbes d'une même iso-vitesse pour des calages d'aubes différents du redresseur 121. La zone 81 correspond aux points de fonctionnements du compresseur basse pression 120 optimaux du point de vue de son rendement, ceux-ci n'étant donc pas éloignés de façon excessive de la marge 72. La ligne de fonctionnement 82 est alors tracée pour un débit réduit W25R constant du compresseur haute pression 130 (estimé via les paramètres de l'étape (b)) une vitesse réduite N1R (calculée via les paramètres de l'étape (a)) du compresseur basse pression 120. Ainsi, il est possible de déterminer le calage des aubes du redresseur 121 qui respecte à la fois la marge minimale 72 tout en procurant les meilleures performances au compresseur basse pression 120. Dans le cas de la figure 3, le point de fonctionnement correspondant est situé à l'intersection de la courbe 93 et de la ligne de fonctionnement 82. D'où, le calage des aubes du redresseur 121 privilégié est celui qui correspond à la courbe 93.

La figure 4 illustre schématiquement un système de contrôle 1 selon un mode de réalisation préféré de l'invention et parfaitement adapté pour être intégré dans la turbomachine d'aéronef 100 illustrée en figure 1. Le système de contrôle 1 comprend des moyens de mesures 21, 22 pour prendre les mesures requises aux étapes (a) et (b) de la méthode de l'invention, ainsi qu'un moyen de mesure 23 du calage variable des aubes du redresseur 121 par une mesure de position du vérin du système de calage 123. Le système de contrôle 1 comprend aussi une unité logique 10 et des connexions électroniques 31, 32, 33 avec les moyens de mesure 21, 22, 23 pour que ceux-ci puissent transmettre leurs mesures à l'unité logique 10. L'unité logique 10 est configurée de façon à mettre en œuvre l'étape (c) de la méthode de contrôle selon l'invention, préférentiellement par une application directe d'une loi de calage programmée sur les paramètres mesurés aux étapes (a) et (b). L'unité logique 10 est aussi configurée pour comparer le calage variable des aubes ainsi déterminé par l'étape

(c) et la mesure du calage variable des aubes du redresseur 121 par le moyen de mesure 23, de façon à contrôler ce calage variable et à déterminer la nécessité de l'ajuster. Le système de contrôle 1 comprend enfin une unité de commande 12 connectée mécaniquement au vérin du système de calage 123 de façon à pouvoir
5 modifier le calage variable des aubes du redresseur 121. Cette unité de commande 12 reçoit ses instructions de l'unité logique 10 sous la forme d'un signal 11 générée par cette dernière lorsque le contrôle effectué sur le calage variable à mis à jour une nécessité d'ajuster celui-ci. La représentation de la figure 4 n'est
10 aucunement limitative du nombre de moyens de mesures et de paramètres mesurés.

En résumé, l'invention concerne une méthode de contrôle d'un calage variable d'aubes d'un redresseur d'un compresseur basse pression d'une turbomachine d'aéronef sur base d'une pluralité de paramètres obtenus au préalable relatifs à ce compresseur basse pression et à un compresseur haute
15 pression situé en aval du compresseur basse pression, le long d'un axe moteur. La présente invention concerne également un système de contrôle pour mettre en œuvre cette méthode de contrôle.

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

Revendications

1. Méthode de contrôle d'un calage variable d'aubes d'un redresseur (121) d'un compresseur basse pression (120) d'une turbomachine d'aéronef (100), pour une turbomachine d'aéronef (100) comprenant également un compresseur haute pression (130) situé en aval dudit compresseur basse pression (120) le long d'un axe moteur de la turbomachine d'aéronef (100), ladite méthode comprenant les étapes suivantes :
- 5
- (a) obtenir les paramètres suivants :
- une vitesse de rotation du compresseur basse pression (120),
 - 10 - une température en entrée du compresseur basse pression (120) ;
- (b) obtenir en outre les paramètres additionnels suivants :
- une vitesse de rotation du compresseur haute pression (130),
 - une température en sortie du compresseur basse pression (120) ;
- (c) déterminer un calage variable desdites aubes en fonction des paramètres des étape (a) et (b) ;
- 15
- (d) ajuster le calage variable desdites aubes en fonction de la détermination de l'étape (c).
2. Méthode de contrôle selon la revendication précédente, caractérisée en ce que l'étape (c) comprend les sous-étape suivantes :
- 20
- (i) calculer une vitesse de rotation réduite du compresseur basse pression en fonction de chacun des paramètres de l'étape (a) ;
- (ii) estimer un débit réduit du compresseur haute pression en fonction de chacun des paramètres de l'étape (b) ;
- 25
- (iii) déterminer le calage variable des aubes en fonction de :
- la vitesse de rotation réduite calculée à la sous-étape (i), et
 - le débit réduit estimé à la sous-étape (ii).
3. Méthode de contrôle selon la revendication précédente, caractérisée en que la sous-étape (iii) comprend les sous-étapes suivantes :
- 30

- (iii.1) déterminer une ligne de fonctionnement (82) du compresseur basse pression (120) dans un champ de fonctionnement (99) de ce dernier, pour la vitesse de rotation réduite calculée à la sous-étape (i) et pour le débit réduit estimé à la sous-étape (ii) appliqué en sortie du compresseur basse pression (120) ;
- 5
- (iii.2) définir une ligne de pompage (71) et une marge minimale (72) au pompage du compresseur basse pression (120) dans le champ de fonctionnement (99) ;
- (iii.3) déterminer une position de rendement optimal du compresseur basse pression (120) sur la ligne de fonctionnement (82), en tenant compte de la marge minimale (72) au pompage ;
- 10
- (iii.4) déterminer le calage variable des aubes associé à la position de rendement optimal déterminée à la sous-étape (iii.3).
- 15
4. Méthode de contrôle selon la revendication précédente, caractérisée en ce que la marge minimale (72) au pompage est définie à la sous-étape (iii.2) en fonction d'une évaluation préalable :
- d'une incertitude de fabrication du compresseur basse pression (120), et/ou
 - 20 - d'un vieillissement du compresseur basse pression (120), et/ou
 - d'une incertitude de mesure d'un régime de la turbomachine d'aéronef (100), et/ou
 - d'une distorsion de conditions aérodynamiques en entrée du compression basse pression (120), et/ou
 - 25 - d'une incertitude sur les paramètres des étapes (a) et (b), et/ou
 - d'une incertitude de mesure du calage variable des aubes.
5. Méthode de contrôle selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que les paramètres de l'étape (b) comprennent en outre un

calage variable d'aubes du compresseur haute pression (130) lorsque ce dernier en comporte.

- 5 6. Méthode de contrôle selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en que les paramètres de l'étape (b) comprennent en outre, lorsque cela s'applique, un prélèvement en puissance sur un arbre (102) du compresseur haute pression (130).
- 10 7. Méthode de contrôle selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en que les paramètres de l'étape (b) comprennent en outre, lorsque cela s'applique, un prélèvement d'air en sortie du compresseur basse pression (120) et/ou dans le compresseur haute pression (130).
- 15 8. Méthode de contrôle selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en qu'elle comprend une étape (a') de mesure d'un calage variable d'une soufflante (110) de la turbomachine d'aéronef (100) lorsque cette dernière en comporte, et en ce que la détermination du calage variable des aubes à l'étape (c) se fait également sur base de cette mesure du calage variable de la soufflante (110) de la turbomachine d'aéronef (100) lorsque cette dernière en comporte.
- 20
- 25 9. Système de contrôle (1) pour mettre en œuvre la méthode de contrôle selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant :
- des moyens de mesure (21, 22, 23) pour :
 - déterminer les paramètres des étapes (a) et (b) de la méthode susdite,
 - mettre œuvre l'étape (a') de la méthode lorsque cette dernière comprend cette étape, et
 - mesurer le calage variable des aubes ;

- une unité logique (10) couplée aux moyens de mesure (21, 22, 23) pour recevoir des mesures de ceux-ci, et configurée pour mettre en œuvre l'étape (c) de la méthode ;
 - une unité de commande (12) couplée à l'unité logique (10) pour ajuster un calage des aubes sur base d'une détermination de calage variable fournie par l'unité logique (10).
- 5
10. Turbomachine d'aéronef (100) comprenant un compresseur basse pression (120) et un compresseur haute pression (130) situé en aval du compresseur basse pression (120) le long d'un axe moteur, le compresseur basse pression comprenant au moins un redresseur (121) comprenant des aubes et un système de calage variable (123) de ces aubes, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre le système de contrôle (1) selon la revendication précédente.
- 10

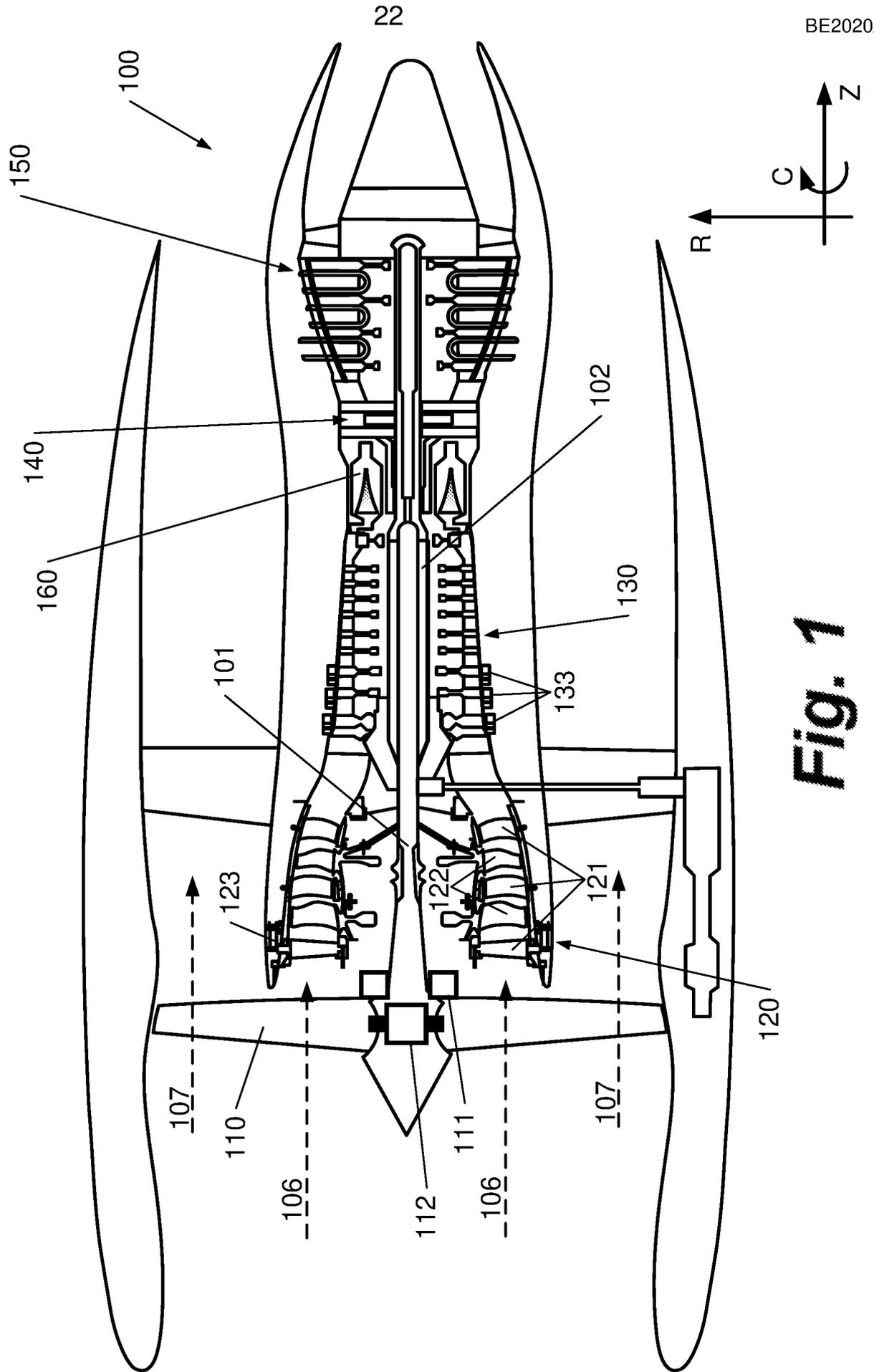


Fig. 1

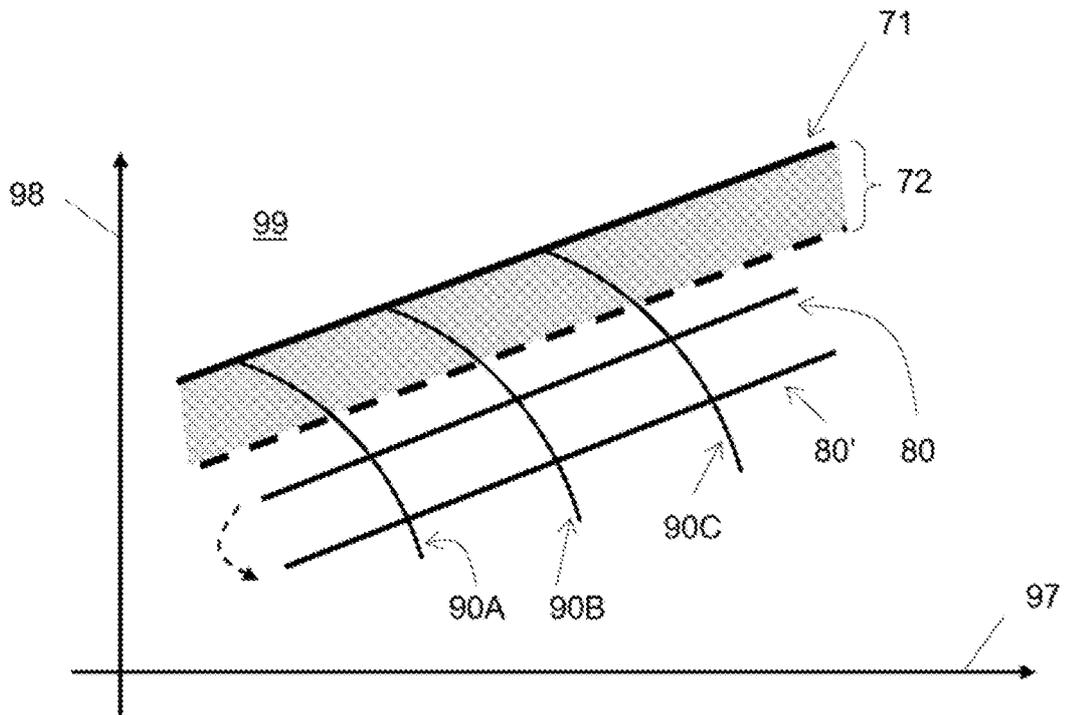


Fig. 2

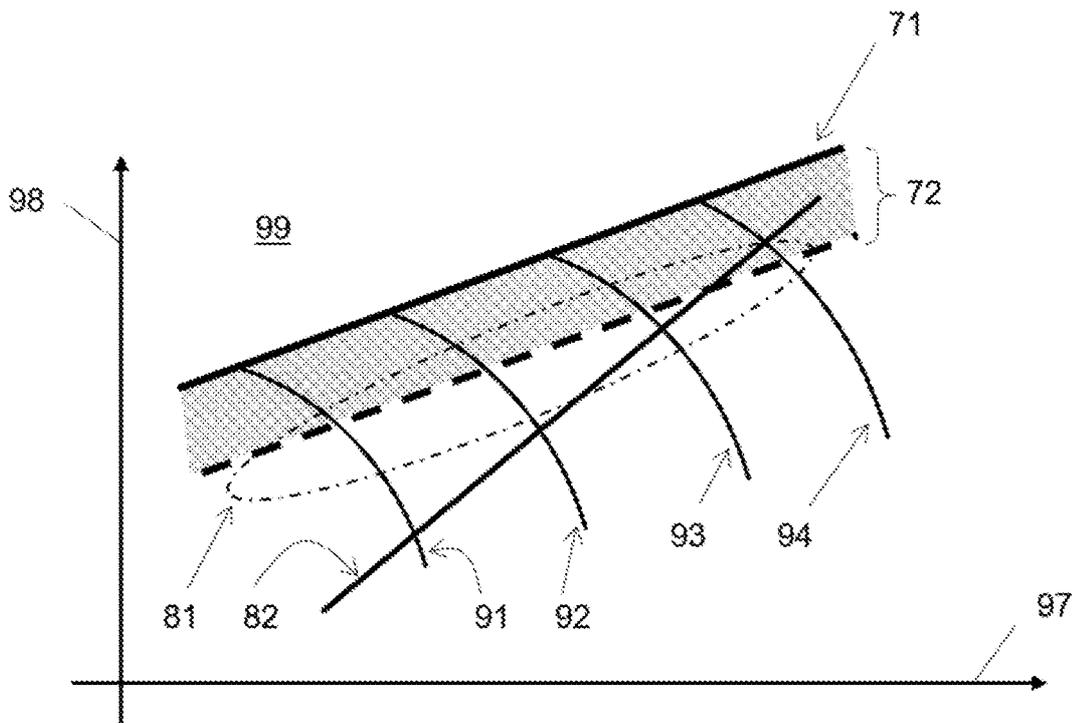


Fig. 3

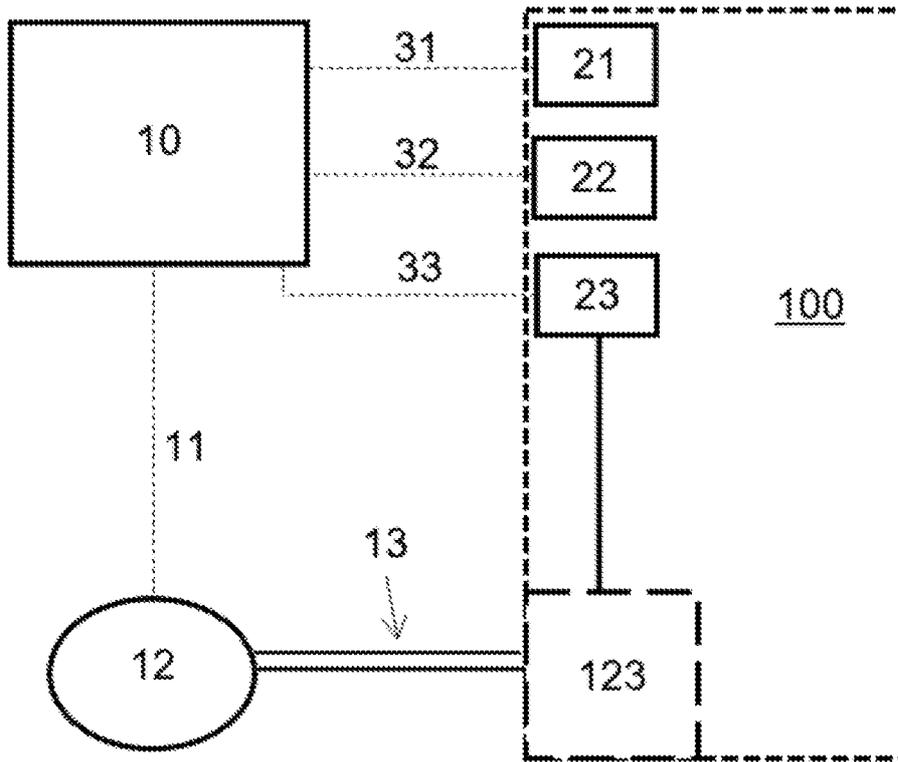


Fig. 4

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 PAT2545986BE00
Demande nationale belge n° 202005273	Date du dépôt 23-04-2020
	Date de priorité revendiquée
Déposant (Nom) SAFRAN AERO BOOSTERS	
Date de la requête d'une recherche de type international 09-05-2020	Numéro attribué par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international SN76119
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. <input type="checkbox"/> IL A ÉTÉ ESTIMÉ QUE CERTAINES REVENDICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)	
IV. <input type="checkbox"/> 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 202005273

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F04D19/02 F01D17/16 F04D27/02 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 F04D		
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, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie °	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2019/264701 A1 (ROWE ARTHUR L [GB]) 29 août 2019 (2019-08-29)	1,5-10
A	* alinéas [0003], [0006] - [0008], [0010], [0029], [0034], [0036], [0038], [0042], [0043], [0045], [0046], [0057] * * figures 1-7 *	2-4
A	----- US 4 252 498 A (RADCLIFFE ALAN G ET AL) 24 février 1981 (1981-02-24) * colonne 4, lignes 1-38 * * figure 5 * -----	1-10
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> 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 19 janvier 2021		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 Tobel, David

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n

BE 202005273

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2019264701	A1	29-08-2019	CN 110195659 A 03-09-2019
			EP 3530929 A1 28-08-2019
			US 2019264701 A1 29-08-2019

US 4252498	A	24-02-1981	DE 2909825 A1 20-09-1979
			FR 2420046 A1 12-10-1979
			IT 1111897 B 13-01-1986
			JP S60543 B2 08-01-1985
			JP S54133209 A 16-10-1979
			US 4252498 A 24-02-1981



OPINION ÉCRITE

Dossier N° SN76119	Date du dépôt (<i>jour/mois/année</i>) 23.04.2020	Date de priorité (<i>jour/mois/année</i>)	Demande n° BE202005273
Classification internationale des brevets (CIB) INV. F04D19/02 F01D17/16 F04D27/02			
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) (Janvier 2007)	Examineur De Tobel, David
--	------------------------------

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, le cas échéant, cette opinion a été effectuée sur la base des éléments suivants :
 - a. Nature de l'élément:
 - un listage de la ou des séquences
 - un ou des tableaux relatifs au listage de la ou des séquences
 - b. Type de support:
 - sur papier
 - sous forme électronique
 - c. Moment du dépôt ou de la remise:
 - contenu(s) dans la demande telle que déposée
 - déposé(s) avec la demande, sous forme électronique
 - remis ultérieurement
3. De plus, lorsque plus d'une version ou d'une copie d'un listage des séquences ou d'un ou plusieurs tableaux y relatifs a été déposée, les déclarations requises selon lesquelles les informations fournies ultérieurement ou au titre de copies supplémentaires sont identiques à celles initialement fournies et ne vont pas au-delà de la divulgation faite dans la demande internationale telle que déposée initialement, selon le cas, ont été remises.
4. Commentaires complémentaires :

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE202005273

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	2-4, 8
	Non : Revendications	1, 5-7, 9, 10
Activité inventive	Oui : Revendications	2-4
	Non : Revendications	1, 5-10
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications	1-10
	Non : Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

voir feuille séparée

Ad point V

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

1 Il est fait référence aux documents suivants :

D1 US 2019/264701 A1 (ROWE ARTHUR L [GB]) 29 août 2019
(2019-08-29)

D2 US 4 252 498 A (RADCLIFFE ALAN G ET AL) 24 février 1981
(1981-02-24)

2 La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication indépendante 1 n'étant pas nouveau.

2.1 **D1** divulgue (voir figs.1-7 et la description):

une méthode de contrôle d'un calage variable d'aubes d'un redresseur d'un compresseur basse pression d'une turbomachine d'aéronef (voir fig.1 et 0007), pour une turbomachine d'aéronef comprenant également un compresseur haute pression situé en aval dudit compresseur basse pression le long d'un axe moteur de la turbomachine d'aéronef (voir fig.1 et 0006), ladite méthode comprenant les étapes suivantes:

(a) obtenir les paramètres suivants (voir 0038):

- une vitesse de rotation du compresseur basse pression ("rotational speed N1"),

- une température en entrée du compresseur basse pression ("inlet temperature T24");

(b) obtenir en outre les paramètres additionnels suivants (voir 0008, 0010 et 0045 (incl. "advantage of being relatively easy to measure") et 0057):

- une vitesse de rotation du compresseur haute pression ("rotational speed N2"),

- une température en sortie du compresseur basse pression ("temperature T26");

(c) déterminer un calage variable desdites aubes en fonction des paramètres des étapes (a) et (b) (voir 0046); et

- (d) ajuster le calage variable desdites aubes en fonction de la détermination de l'étape (c) (voir 0046).
- 3 Les revendications dépendantes 5-10 ne semblent pas contenir de caractéristiques supplémentaires qui satisfassent aux exigences de nouveauté et/ou d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées.
- 3.1 Revendication 5: (pas nouvelle) divulguée dans **D1** (voir 0036);
- 3.2 Revendication 6: (pas nouvelle) divulguée dans **D1** (voir par exemple 0003, 0046: "threshold" et 0051: "HPC rapidly accelerates, thereby ...");
- 3.3 Revendication 7: (pas nouvelle) divulguée dans **D1** (voir par exemple 0003 et 0043: "core air mass flow rate");
- 3.4 Revendication 8: (pas inventive) équiper la soufflante (voir fig.1 and 0029) d'un calage variable serait considéré par l'homme du métier et, compte tenu de l'objectif de la méthode divulguée dans **D1**, déterminer le calage variable des aubes du compresseur basse pression sur base de ce calage variable de la soufflante est évident (voir par exemple 0034); et
- 3.5 Revendications 9 et 10: (pas nouvelle) divulguées dans **D1** (voir fig.1 et 0042).
- 4 La combinaison des caractéristiques de la revendication dépendante 2 (et revendications dépendantes 3 et 4) n'est pas comprise dans l'état de la technique et n'en découle pas de façon évidente.

Ad point VIII

Certaines observations relatives à la demande

- 5 Il ressort clairement de 0034 de la description que 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, est essentielle à la définition de l'invention. C'est à dire, les vitesses des compresseurs peuvent donc être différentes. La revendication indépendante ne

comporte pas cette caractéristique et ne satisfait donc pas à l'exigence de clarté, à savoir qu'une revendication indépendante doit contenir toutes les caractéristiques techniques essentielles à la définition de l'invention.