



(11) **EP 2 872 782 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
08.03.2017 Bulletin 2017/10

(51) Int Cl.:
F04D 29/32 ^(2006.01) **F01D 5/14** ^(2006.01)
F04D 29/38 ^(2006.01) **F01D 9/02** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13744659.7**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2013/051522

(22) Date de dépôt: **28.06.2013**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2014/009628 (16.01.2014 Gazette 2014/03)

(54) **AUBE DE TURBOMACHINE AYANT UN PROFIL CONFIGURÉ DE MANIÈRE À OBTENIR DES PROPRIÉTÉS AÉRODYNAMIQUES ET MÉCANIQUES AMÉLIORÉES**

TURBOMASCHINENSCHAUFEL MIT EINER FLÄCHE FÜR VERBESSERTE AERODYNAMISCHE UND MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN

TURBOMACHINE VANE HAVING AN AIRFOIL DESIGNED TO PROVIDE IMPROVED AERODYNAMIC AND MECHANICAL PROPERTIES

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **12.07.2012 FR 1256746**

(43) Date de publication de la demande:
20.05.2015 Bulletin 2015/21

(73) Titulaire: **SNECMA
75015 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
• **JABLONSKI, Laurent
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)**

• **REISS, Hanna
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)**
• **TALBOTEC, Jérôme
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)**
• **QUEVREUX, Sandrine
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)**

(74) Mandataire: **Regimbeau
20, rue de Chazelles
75847 Paris Cedex 17 (FR)**

(56) Documents cités:
EP-A1- 0 441 097 EP-A2- 1 106 836
WO-A1-2012/090736 US-A- 4 012 172
US-A1- 2002 141 863

EP 2 872 782 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

DOMAINE TECHNIQUE GENERAL

[0001] La présente invention concerne le domaine des aubes de turbomachine, et trouve une application particulière pour les aubes métalliques de la soufflante, du compresseur haute pression ou du compresseur basse pression d'une turbomachine.

ETAT DE L'ART

[0002] Les aubes d'une turbomachine sont soumises à des vitesses de rotation importantes ; les performances aérodynamiques et mécaniques des aubes sont donc capitales pour assurer un bon fonctionnement de la turbomachine.

[0003] Plusieurs propositions ont déjà été apportées afin d'améliorer les performances des aubes en jouant sur leur géométrie, voir p.e. les documents EP 1 106 836 A2, EP 0 441 097 A1, US 4 012 172 A et US 2002/141863 A1.

[0004] On peut notamment citer le document FR 2908152 au nom de la demanderesse, dans lequel il est proposé de faire varier la géométrie de l'aube le long de sa hauteur.

[0005] Plus précisément, ce document propose d'améliorer les performances aérodynamiques d'une aube en lui conférant une géométrie décrite comme la combinaison d'un ventre relativement bas et prononcé avec une mise en flèche arrière fortement prononcée dans les directions longitudinales et tangentielles.

[0006] Toutefois, en dépit des performances aérodynamiques accrues obtenues grâce à une telle aube, son exploitation s'avère délicate du fait de l'impact de cette géométrie particulière sur sa résistance mécanique, et plus précisément en raison de l'impact de cette géométrie sur certains modes de résonances de l'aube.

PRESENTATION DE L'INVENTION

[0007] La présente invention vise à remédier à cette situation en proposant une aube associant des performances aérodynamiques et mécaniques élevées.

[0008] A cet effet, l'invention propose une aube de turbomachine comprenant une pluralité de sections d'aubes empilées selon un axe radial, chaque section d'aube s'étendant selon un axe longitudinal entre un bord d'attaque et un bord de fuite, et selon un axe tangentiel entre une face intrados et une face extrados, les sections d'aubes étant réparties selon des lois de répartition longitudinale X_g et tangentielle Y_g définissant le positionnement de leurs centre de gravité respectifs par rapport auxdits axes longitudinal et tangentiel selon la hauteur de l'aube s'étendant du pied de l'aube jusqu'à sa tête, caractérisée en ce que, dans une section de tête de l'aube localisée entre 90 et 100% de la hauteur H de l'aube

- il existe une première hauteur à partir de laquelle la loi de répartition longitudinale X_g effectue un retour vers le bord d'attaque de l'aube,
- il existe une seconde hauteur à partir de laquelle la loi de répartition tangentielle Y_g effectue un retour vers l'extrados de l'aube.

[0009] En variante, lesdites première et seconde hauteurs sont comprises entre 90% et 95% de la hauteur H de l'aube.

[0010] Selon un mode de réalisation particulier, lesdites première et seconde hauteurs sont égales.

[0011] Ladite aube est typiquement réalisée en matériau métallique.

[0012] L'invention concerne également une soufflante de turbomachine, un compresseur basse pression ou un compresseur haute pression comprenant une pluralité d'aubes telles que définies précédemment.

[0013] L'invention concerne en outre une turbomachine comprenant une pluralité d'aubes telles que définies précédemment.

PRESENTATION DES FIGURES

[0014] D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- La figure 1 est une vue partielle en coupe longitudinale d'une soufflante d'une turbomachine selon l'état de la technique.
- Les figures 2 et 3 sont des exemples de courbes présentant l'évolution des lois X_g et Y_g respectivement sur une partie de la hauteur d'une aube selon l'invention.
- Les figures 4 et 5 sont des exemples de courbes présentant l'évolution des lois X_g et Y_g respectivement sur la hauteur d'une aube selon l'invention.
- La figure 6 est un graphique montrant le gain de rendement obtenu par une aube selon l'invention par rapport à des aubes connues.

DESCRIPTION DETAILLEE

[0015] La figure 1 représente de façon schématique et partielle la soufflante 2 d'une turbomachine, typiquement un turboréacteur ayant un usage dans l'aéronautique.

[0016] La soufflante 2 se compose d'une pluralité d'aubes 4 régulièrement espacées autour d'un disque 6 (communément appelé moyeu) d'un rotor centré sur un axe longitudinal $X-X$ de la soufflante 2.

[0017] Chaque aube 4 comporte communément une pale 8, un pied 10 et une tête 12. Le pied 10 de l'aube est monté sur le disque 6 du rotor et est raccordé à la pale 8 par l'intermédiaire d'une plate-forme 14 délimitant le flux 16 gazeux traversant la soufflante 2. Le disque 6 du rotor est entraîné en rotation autour de l'axe longitu-

dinal X-X dans le sens indiqué par la flèche 18.

[0018] La tête 12 de l'aube est quant à elle située en regard de la face interne 20 d'un carter fixe de la soufflante, cette face 20 délimitant également la veine 16, qui est donc comprise entre la plate-forme 14 et la face interne 20 du carter.

[0019] La pale 8 est composée d'une pluralité de sections d'aube 22 qui sont empilées selon un axe radial Z-Z perpendiculaire à l'axe X-X. Les sections d'aube 22 sont situées à des distances radiales croissantes de l'axe longitudinal X-X. L'empilement qui en résulte forme une surface aérodynamique qui s'étend selon l'axe longitudinal X-X entre un bord d'attaque 24 et un bord de fuite 26 et selon un axe tangentiel Y-Y de la soufflante entre une face intrados, opposée à la traction, et une face extrados, du côté de la traction (non représentées sur les figures).

[0020] L'aube a une hauteur H, mesurée du pied 10 vers la tête 12 de l'aube selon l'axe radial Z-Z. On définit que la section de l'aube située à 0% de la hauteur H correspond au rayon d'intersection entre le bord d'attaque 24 et la veine intérieure d'écoulement du flux gazeux, et la section située à 100% de la hauteur H correspond au point au rayon d'intersection entre le bord d'attaque 24 et la veine supérieure d'écoulement du flux gazeux.

[0021] L'axe longitudinal X-X, l'axe tangentiel Y-Y et l'axe radial Z-Z de la soufflante ainsi définis forment un trièdre orthonormé direct.

[0022] La présente invention s'applique à différents types d'aubes mobiles d'une turbomachine ; par exemple les aubes mobiles de soufflante, de compresseur haute pression, c'est-à-dire le compresseur en amont du sens de l'écoulement du flux, et de compresseur haute pression, c'est-à-dire le compresseur en aval dans le sens de l'écoulement du flux.

[0023] La figure 1 qui présente une vue partielle de soufflante de turbomachine est purement illustrative, et permet notamment de définir les différents axes de la turbomachine.

[0024] On comprend bien que la description qui suit se transpose également pour des aubes d'une turbomachine autres que les aubes de la soufflante, et notamment les aubes de compresseur basse pression et/ou de compresseur haute pression.

[0025] Les figures 2 et 3 sont des exemples de courbes présentant l'évolution des lois Xg et Yg respectivement sur une partie de la hauteur d'une aube selon l'invention.

[0026] Ces deux courbes présentent l'évolution des lois de répartition longitudinale Xg et tangentielle Yg définissant le positionnement des centres de gravité respectifs des sections d'aubes empilées formant l'aube, par rapport aux axes longitudinal X-X et tangentiel Y-Y. L'axe des ordonnées indique le ratio h/H , où H est la hauteur totale de l'aube comme défini précédemment, et h est la hauteur du centre de gravité considéré, mesuré à partir de la base 10 de l'aube.

[0027] Comme représenté sur ces courbes, la présente invention propose un changement du sens de la pente

de ces lois de répartition Xg et Yg dans la portion de tête de l'aube, c'est-à-dire dans les 10% supérieurs de l'aube en formant la tête 12.

[0028] On observe ainsi un crochet de ces deux lois de répartition localisé pour des valeurs de hauteur comprises entre 90 et 100% de la hauteur H de l'aube à partir de sa base.

[0029] Plus généralement, pour chacune des lois de répartition Xg et Yg, il existe une hauteur comprise entre 90% et 100% de la hauteur H de l'aube à partir de laquelle ces deux lois de répartition diminuent.

[0030] Ces hauteurs sont typiquement comprises entre 90% et 95% de la hauteur H de l'aube.

[0031] La valeur de la hauteur comprise entre 90% et 100% de la hauteur H de l'aube à partir de laquelle la loi de répartition Xg diminue et la valeur de la hauteur comprise entre 90% et 100% de la hauteur H de l'aube à partir de laquelle la loi de répartition Yg diminue peuvent être identiques ou distinctes.

[0032] Les lois de répartition longitudinale Xg et tangentielle Yg définissant le positionnement des centres de gravité respectifs des sections d'aubes empilées formant l'aube, par rapport aux axes longitudinal X-X et tangentiel Y-Y comprennent typiquement un unique changement de sens de leur pente pour des valeurs de hauteur comprises entre 90 et 100% de la hauteur H de l'aube à partir de sa base.

[0033] L'aube selon l'invention a donc un profil qui, entre 90 et 100% de sa hauteur à partir de sa base, s'avance en direction du bord d'attaque 24 et vers l'extrados, ce qui correspond donc à un basculement vers l'avant et vers l'extrados de la portion de tête de l'aube.

[0034] Les figures 3 et 4 présentent respectivement un exemple de loi de répartition longitudinale Xg et tangentielle Yg sur toute la hauteur de l'aube.

[0035] De la même manière que sur les figures 2 et 3, on retrouve un changement du sens de la pente de ces lois de répartition Xg et Yg dans la portion de tête de l'aube, c'est-à-dire dans les 10% supérieurs de l'aube en formant la tête 12. Ce changement du sens de la pente des ces lois de répartition Xg et Yg dans la portion de tête de l'aube est indépendant de la variation des lois Xg et Yg sur le reste de la hauteur de l'aube.

[0036] La figure 6 est un graphique montrant le gain de rendement obtenu par une aube selon l'invention par rapport à des aubes connues.

[0037] Le rendement pris en considération est estimé entre l'amont et l'aval de l'aube, en tenant compte des pressions et températures amont et aval. Cette figure représente son évolution sur la moitié supérieure de l'aube, c'est-à-dire pour des hauteurs allant de $H/2$ à H, où H est la hauteur totale de l'aube.

[0038] On représente sur cette figure trois courbes 100, 102 et 104, qui illustrent le rendement obtenu respectivement avec une aube selon l'invention, avec une aube selon l'état de la technique ne présentant pas d'inflexion en tête, et avec une aube selon l'état de la technique présentant une inflexion de sa loi de répartition

longitudinale Xg en tête.

[0039] Comme on peut l'observer sur ce graphique, la présente invention permet d'améliorer le rendement dans la partie haute de l'aube. On observe de plus que la modification de la tête de l'aube entraîne une modification du rendement sur une plage de hauteurs nettement plus étendue ; en modifiant la géométrie de 10% de l'aube on agit sur le rendement aérodynamique de plus de 50% de l'aube.

[0040] De plus, contrairement à des solutions antérieures, en modifiant à la fois la loi de répartition longitudinale Xg et la loi de répartition tangentielle Yg, la présente invention permet d'augmenter la résistance mécanique de l'aube.

[0041] En effet, la mise en crochet de la loi de répartition longitudinale Xg permet de diminuer les contraintes statiques dans l'aube. De plus, bien que cette mise en crochet selon Xg entraîne une diminution conséquente de la fréquence d'un mode propre de l'aube, en l'occurrence le mode 4, cette diminution est compensée par la mise en crochet de la loi de répartition tangentielle Yg qui entraîne une augmentation sensiblement équivalente de la fréquence de ce même mode.

[0042] L'influence des mises en crochet selon Xg et Yg sur les autres modes propres est négligeable.

[0043] Il résulte donc de cette modification des lois de répartition longitudinale Xg et tangentielle Yg une amélioration des performances mécaniques du fait de la diminution des contraintes statiques, sans que les performances dynamiques ne soient affectées.

[0044] La présente invention trouve une application particulière sur les aubes réalisées en matériau métallique, par exemple sur des aubes de dimensions réduites, typiquement de l'ordre de 40 à 50 pouces, c'est-à-dire de 101,60 cm à 127 cm.

Revendications

1. Aube de turbomachine comprenant une pluralité de sections d'aubes empilées selon un axe radial (Z-Z), chaque section d'aube s'étendant selon un axe longitudinal (X-X) entre un bord d'attaque et un bord de fuite, et selon un axe tangentiel (Y-Y) entre une face intrados et une face extrados, les sections d'aubes étant réparties selon des lois de répartition longitudinale Xg et tangentielle Yg définissant le positionnement de leurs centre de gravité respectifs par rapport auxdits axes longitudinal (X-X) et tangentiel (Y-Y) selon la hauteur de l'aube s'étendant du pied de l'aube jusqu'à sa tête, **caractérisée en ce que**, dans une section de tête de l'aube localisée entre 90 et 100% de la hauteur (H) de l'aube

- il existe une première hauteur (Hx) à partir de laquelle la loi de répartition longitudinale Xg effectue un retour vers le bord d'attaque de l'aube,

- il existe une seconde hauteur (Hy) à partir de laquelle la loi de répartition tangentielle Yg effectue un retour vers l'extrados de l'aube.

2. Aube de turbomachine selon la revendication 1, dans laquelle lesdites première et seconde hauteurs (Hx et Hy) sont comprises entre 90% et 95% de la hauteur H de l'aube.
3. Aube de turbomachine selon l'une des revendications 1 ou 2, dans laquelle lesdites première et seconde hauteurs (Hx et Hy) sont égales.
4. Aube de turbomachine l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle ladite aube est réalisée en matériau métallique.
5. Soufflante de turbomachine **caractérisée en ce qu'elle** comprend une pluralité d'aubes selon l'une des revendications 1 à 4.
6. Compresseur haute pression de turbomachine, **caractérisé en ce qu'il** comprend une pluralité d'aubes selon l'une des revendications 1 à 4.
7. Compresseur basse pression de turbomachine, **caractérisé en ce qu'il** comprend une pluralité d'aubes selon l'une des revendications 1 à 4.
8. Turbomachine **caractérisée en ce qu'elle** comprend une pluralité d'aubes selon l'une des revendications 1 à 4.

Patentansprüche

1. Turbomaschinenschaufel, die eine Mehrzahl von Schaufelabschnitten umfasst, die gemäß einer radialen Achse (Z-Z) gestapelt sind, wobei sich jeder Schaufelabschnitt entlang einer Längsachse (X-X) zwischen einer Eintrittskante und einer Austrittskante erstreckt, und gemäß einer tangentialen Achse (Y-Y) zwischen einer Innenseite und einer Außenseite gestapelt sind, wobei die Schaufelabschnitte gemäß dem Längsverteilungsgesetz Xg und dem Tangentialverteilungsgesetz Yg verteilt sind, die die Positionierung ihrer jeweiligen Schwerpunkte in Bezug zu der Längsachse (X-X) und tangentialen Achse (Y-Y) gemäß der Höhe der Schaufel, die sich vom Fuß der Schaufel bis zu ihrem Kopf erstreckt, definieren, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Kopfabschnitt der Schaufel, der zwischen 90 und 100 % der Höhe (H) der Schaufel lokalisiert ist,

- eine erste Höhe (Hx) existiert, von welcher ausgehend das Gesetz der Längsverteilung Xg eine Rückkehr zu der Einlasskante der Schaufel aus-

führt,

- eine zweite Höhe (Hy) existiert, von welcher ausgehend das Gesetz der Tangentialverteilung Yg eine Rückkehr zu der Außenseite der Schaufel ausführt.

2. Turbomaschinenschaufel nach Anspruch 1, wobei die erste und die zweite Höhe (Hx und Hy) zwischen 90 % und 95 % der Höhe H der Schaufel liegen.
3. Turbomaschinenschaufel nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste und die zweite Höhe (Hx und Hy) gleich sind.
4. Turbomaschinenschaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Schaufel aus einem metallischen Werkstoff hergestellt ist.
5. Turbomaschinengebläse, **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine Mehrzahl von Schaufeln nach einem der Ansprüche 1 bis 4 umfasst.
6. Turbomaschinen-Hochdruckverdichter, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine Mehrzahl von Schaufeln nach einem der Ansprüche 1 bis 4 umfasst.
7. Turbomaschinen-Niederdruckverdichter, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine Mehrzahl von Schaufeln nach einem der Ansprüche 1 bis 4 umfasst.
8. Turbomaschine, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Mehrzahl von Schaufeln nach einem der Ansprüche 1 bis 4 umfasst.

- there is a second height (Hy) starting from which the tangential Yg distribution law carries out a return towards the suction surface of the vane.

2. Turbomachine vane according to claim 1, wherein said first and second heights (Hx and Hy) are between 90% and 95% of the height H of the vane.
3. Turbomachine vane according to one of claims 1 or 2, wherein said first and second heights (Hx and Hy) are equal.
4. Turbomachine vane according to one of claims 1 to 3, wherein said vane is made from a metal material.
5. Turbomachine fan **characterised in that** it comprises a plurality of vanes according to one of claims 1 to 4.
6. High-pressure compressor of a turbomachine, **characterised in that** it comprises a plurality of vanes according to one of claims 1 to 4.
7. Low-pressure compressor of a turbomachine, **characterised in that** it comprises a plurality of vanes according to one of claims 1 to 4.
8. Turbomachine **characterised in that** it comprises a plurality of vanes according to one of claims 1 to 4.

Claims

1. Turbomachine vane comprising a plurality of vane sections stacked along a radial axis (Z-Z), with each vane section extending along a longitudinal axis (X-X) between a leading edge and a trailing edge, and according to a tangential axis (Y-Y) between a pressure surface and a suction surface, with the vane sections being distributed according to longitudinal Xg and tangential Yg distribution laws defining the positioning of the respective centres of gravity thereof with respect to said longitudinal (X-X) and tangential (Y-Y) axes according to the height of the vane extending from the foot of the vane to the top thereof, **characterised in that**, in a top section of the vane located between 90 and 100% of the height (H) of the vane
- there is a first height (Hx) starting from which the longitudinal Xg distribution law carries out a return towards the leading edge of the vane,

FIG. 1

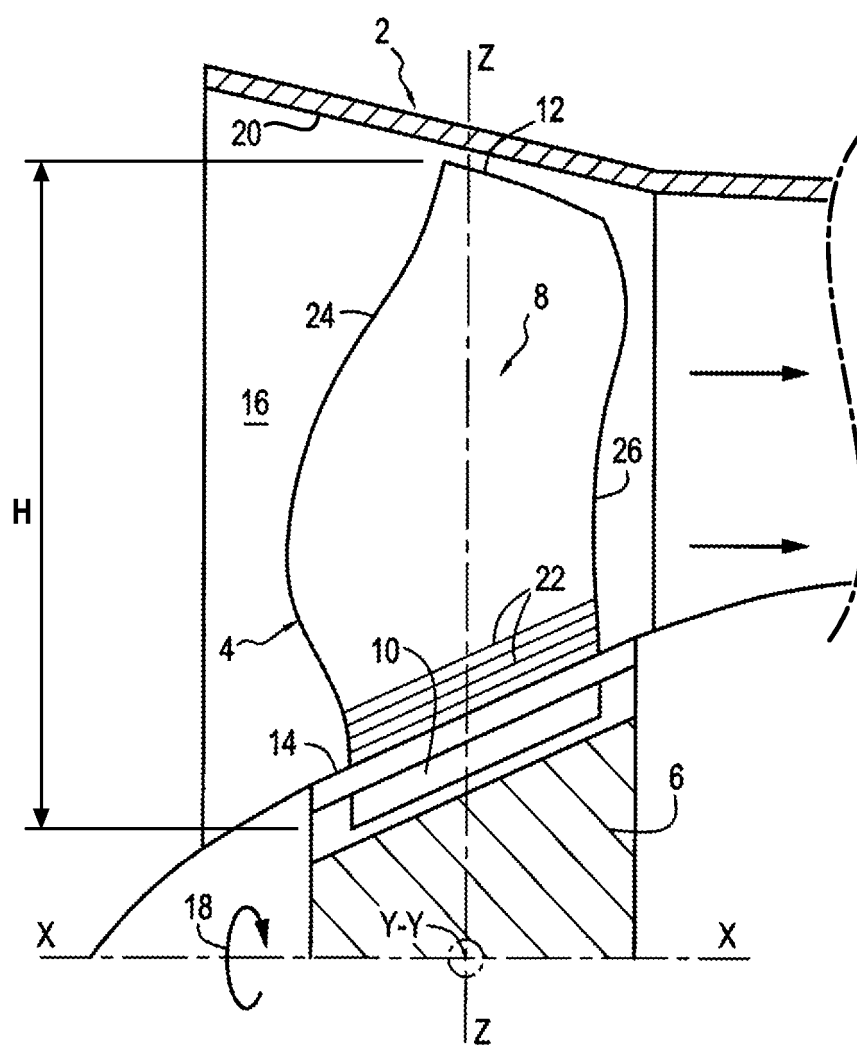


FIG. 2

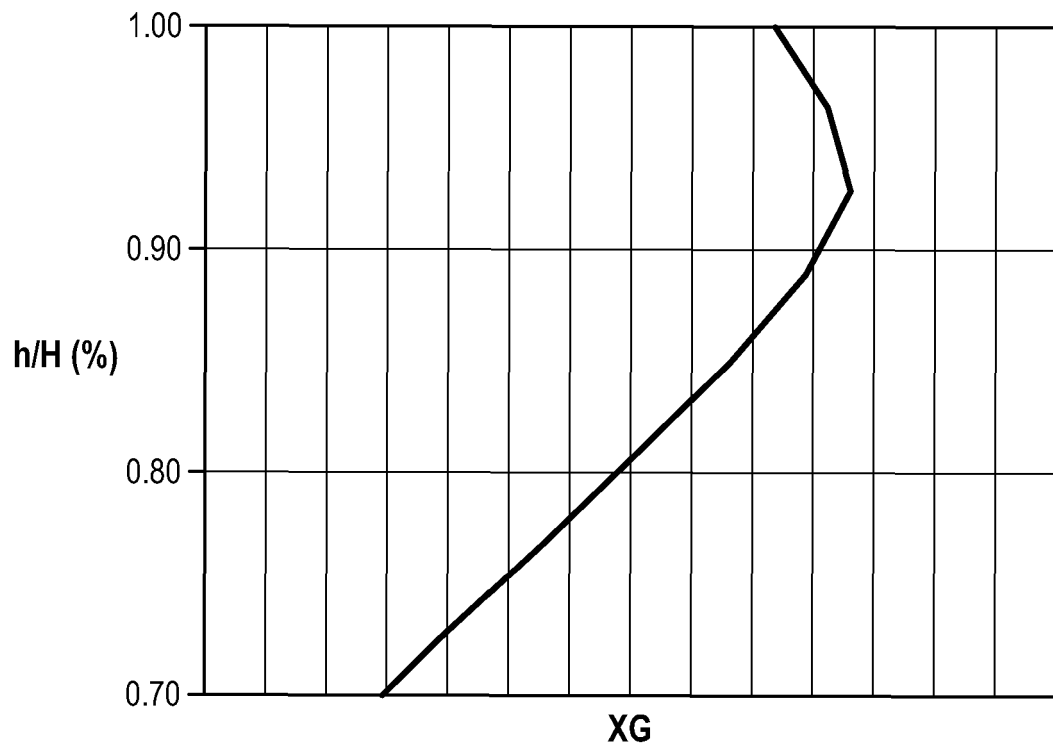


FIG. 3

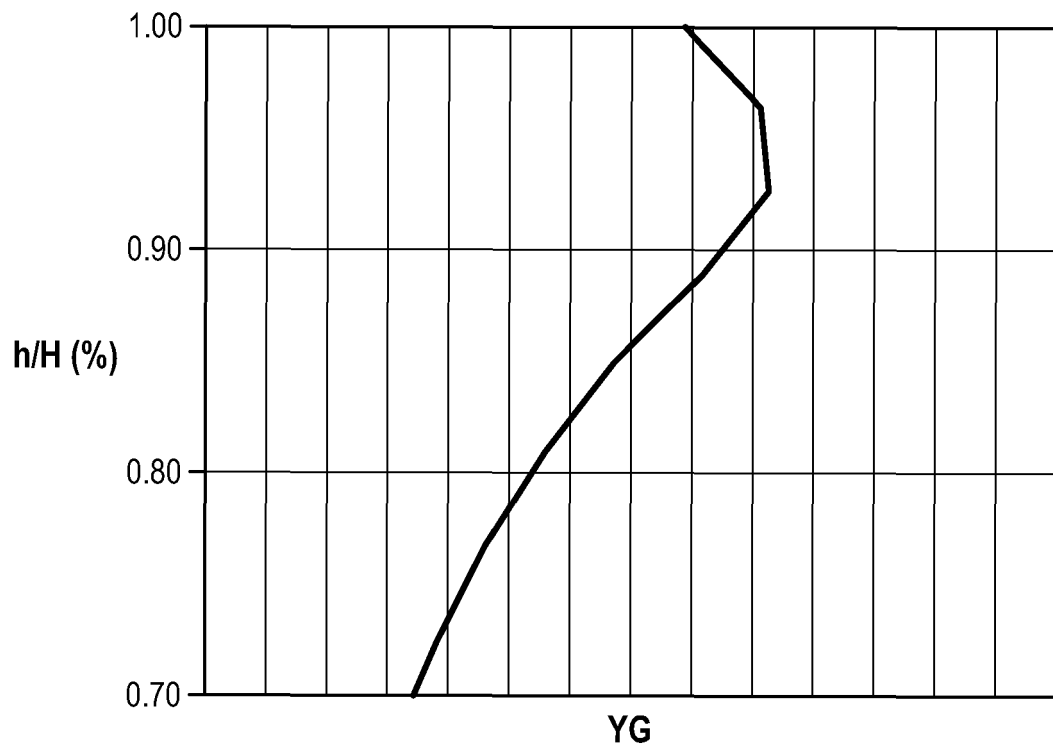


FIG. 4

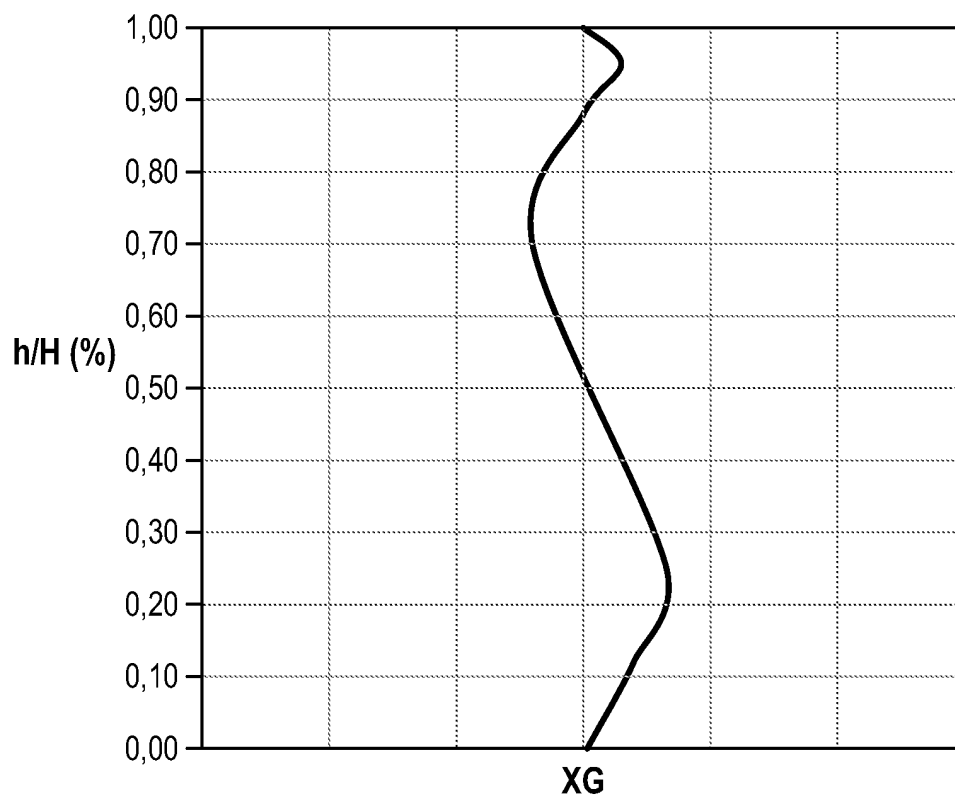


FIG. 5

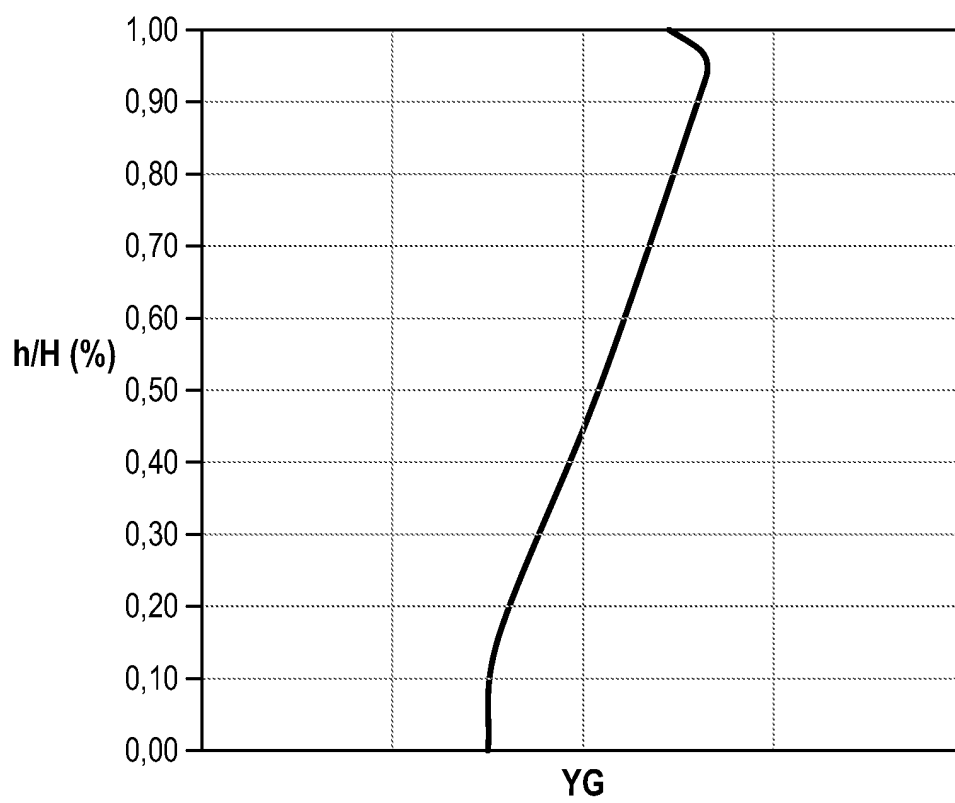
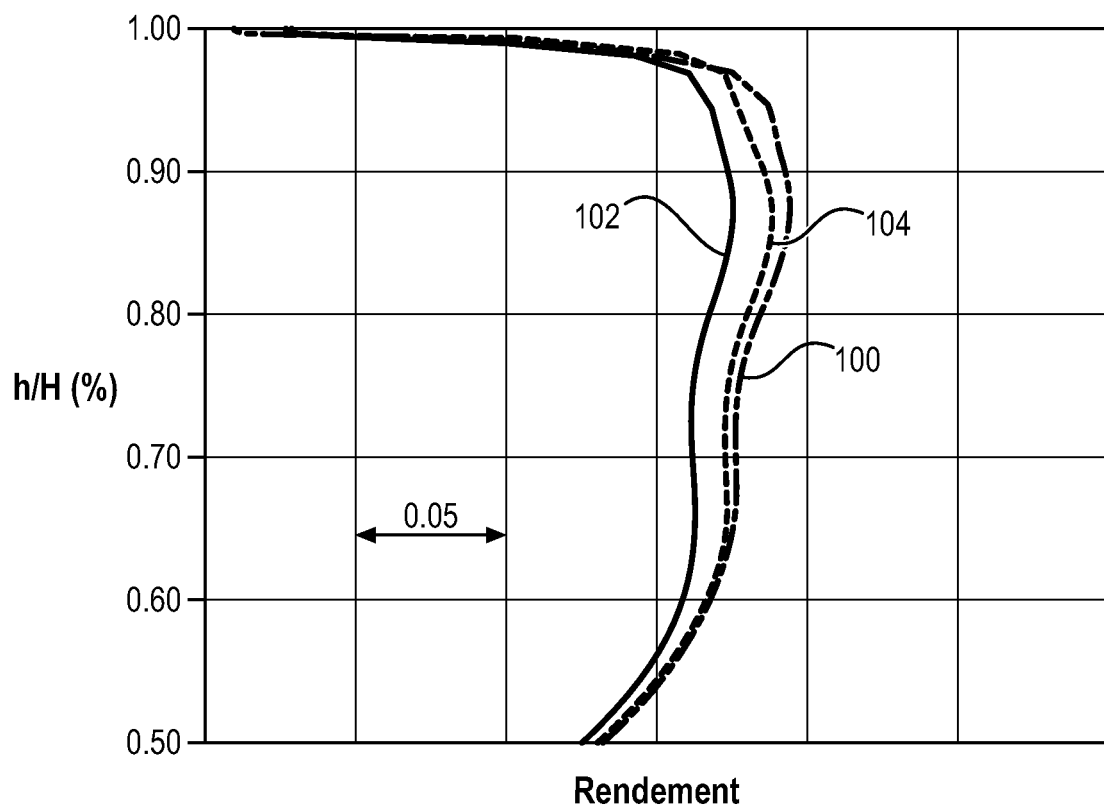


FIG. 6



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 1106836 A2 [0003]
- EP 0441097 A1 [0003]
- US 4012172 A [0003]
- US 2002141863 A1 [0003]
- FR 2908152 [0004]