

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

(11) Nº de publication : **3 137 125**  
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)  
(21) Nº d'enregistrement national : **22 06156**  
(51) Int Cl<sup>8</sup> : **F 01 D 5/16 (2022.01)**

(12)

## BREVET D'INVENTION

**B1**

(54) Ensemble aubagé de turbomachine comportant des aubes solidarisées deux à deux au niveau de leurs plateformes.

(22) Date de dépôt : 22.06.22.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 29.12.23 Bulletin 23/52.

(45) Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 31.05.24 Bulletin 24/22.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

(71) Demandeur(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES Société par actions simplifiée —FR et SAFRAN CERAMICS Société anonyme — FR.

(72) Inventeur(s) : ILLAND Hubert Jean-Yves, TAILLANT Jean-Claude Christian, TRAHOT Denis, Gabriel, DURAND Yannick et BUSQUET Denis Jean Armel.

(73) Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES Société par actions simplifiée, SAFRAN CERAMICS Société anonyme.

(74) Mandataire(s) : BREVALEX.



## Description

### **Titre de l'invention : Ensemble aubagé de turbomachine comportant des aubes solidarisées deux à deux au niveau de leurs plateformes**

#### **Domaine technique**

- [0001] L'invention concerne la réduction des vibrations dans un disque aubagé de turbomachine en service.

#### **ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE**

- [0002] Dans une turbomachine telle qu'un turboréacteur 1 représenté en [Fig.1], l'air extérieur est admis dans une manche d'entrée 2 pour traverser une soufflante 3 comportant une série de pales rotatives avant de se scinder en un flux primaire central et un flux secondaire entourant le flux primaire.
- [0003] Le flux primaire est ensuite compressé dans un premier et un second étages de compression 4 et 5 avant d'arriver dans une chambre de combustion 6, après quoi il se détend en traversant un ensemble de turbines 7, 8 avant d'être évacué vers l'arrière en générant de la poussée. Le flux secondaire est quant à lui propulsé directement vers l'arrière par la soufflante dans une veine délimitée par le carter 9 pour générer une poussée complémentaire.
- [0004] En pratique, un tel moteur comporte un rotor tournant autour de son axe longitudinal AX, et incluant plusieurs disques portant chacun à sa périphérie externe une série d'aubes ou de pales, ces disques pouvant entraîner la soufflante, la partie compresseur ou la partie turbine.
- [0005] Comme représenté sur la [Fig.2], une telle aube 11a comporte un pied 12a par lequel elle est montée à un disque (non représenté), prolongé par une pale 13a s'étendant selon une direction d'envergure EVa radiale par rapport à l'axe de rotation. Cette pale 13a est terminée par un talon 14a comportant une plateforme 16a ou talon pourvue de deux léchettes 17a, 18a s'étendant radialement au-delà de la face supérieure de cette plateforme, et qui sont destinées à assurer des fonctions d'étanchéité.
- [0006] Les aubes portées par un même disque ont la même morphologie, de sorte que l'aube 11b voisine de l'aube 11a sur la [Fig.2], comporte les mêmes composants repérés par les mêmes références numériques mais complétées par la lettre « b » au lieu de la lettre « a ».
- [0007] La périphérie externe d'un disque aubagé est ainsi délimitée par les plateformes des aubes qu'il porte, qui s'étendent contigument les unes aux autres pour délimiter conjointement une bande périphérique sensiblement cylindrique.
- [0008] En fonctionnement, ces aubes subissent des températures élevées et des efforts centrifuges importants, qui tendent à accroître leur longueur selon leur direction

d'envergure. Dans ces conditions, les plateformes contiguës, qui sont jointives lorsque la turbomachine est à l'arrêt, tendent à s'espacer circonférentiellement les unes des autres lorsque la turbomachine est en service, cet espacement ou jeu étant repéré par J sur la [Fig.2]. Une dilatation circonférentielle des plateformes a également lieu, qui limite le jeu en question mais sans pour autant l'annuler.

- [0009] Compte tenu des excitations vibratoires présentes dans une telle turbomachine, cette situation peut conduire à des modes vibratoires des aubes par lesquels leurs plateformes tendent à s'entrechoquer circonférentiellement les unes avec les autres, ce qui est susceptible de les dégrader.
- [0010] De tels modes vibratoires peuvent apparaître sur les aubes rotatives c'est-à-dire portées par des disques, mais aussi apparaître dans des aubes fixes c'est-à-dire portées par un élément fixe tel qu'un redresseur situé par exemple en aval d'un disque aubagé de soufflante ou de compresseur pour réduire la giration du flux ayant traversé les aubes rotatives.
- [0011] Une solution pour amortir les modes vibratoires est de précontraindre chaque aube en torsion lors de leur montage sur le disque. Dans ce cas, les plateformes tendent à tourner autour de leurs axes d'envergure, de sorte que les bords des plateformes de deux aubes adjacentes restent en appui l'une contre l'autre malgré les effets des efforts centrifuges et de la dilatation thermique.
- [0012] En fonctionnement, les modes vibratoires des aubes engendrent des frottements au niveau des appuis des plateformes ce qui permet d'amortir ces modes vibratoires par friction, selon une solution dite de contact frottant.
- [0013] Cette solution nécessite néanmoins de précontraindre mécaniquement les aubes lors de leur montage, ce qui conduit à des niveaux de contrainte mécanique élevés pouvant ne pas être compatibles dans le cas d'aube en matériau composite à matrice céramique (CMC).
- [0014] Dans ce cadre, l'invention a pour objet d'apporter une solution pour limiter les modes vibratoires de disques aubagés, notamment pour le cas d'aubes en matériau composite à matrice céramique ayant une précontrainte admissible plus basse que celle des aubes en alliage métallique.

### **Exposé de l'invention**

- [0015] A cet effet, l'invention a pour objet un ensemble aubagé de turbomachine s'étendant autour d'un axe de rotation, et comprenant au moins deux aubes circonférentiellement contiguës, dans lequel chaque aube s'étend selon une direction d'envergure orientée radialement par rapport à l'axe de rotation, depuis un pied par lequel elle est solidarisée au disque jusqu'à un talon situé à une extrémité radiale libre de l'aube, ce talon comportant une plateforme, deux plateformes circonférentiellement adjacentes ayant

des bords contigus circonférentiellement en regard l'un de l'autre, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un élément de serrage enserrant bord à bord deux plateformes d'aubes circonférentiellement contiguës, en ce que chacune des deux plateformes comporte un trou la traversant de part en part, et en ce que l'élément de serrage traverse ces deux trous pour exercer entre ces deux plateformes un effort de tension orienté circonférentiellement par rapport à l'axe de rotation.

- [0016] Avec cette solution, il n'est pas nécessaire de précontraindre les aubes au montage, de sorte qu'il est possible d'assurer un amortissement des vibrations sans engendrer des contraintes mécaniques élevées dans les aubes.
- [0017] L'invention concerne également un ensemble aubagé ainsi défini, dans lequel chaque plateforme s'étend parallèlement à l'axe de rotation, chaque plateforme comportant un trou la traversant de part en part, et dans lequel l'élément de serrage traverse de part en part chaque plateforme.
- [0018] L'invention concerne également un ensemble aubagé ainsi défini, dans lequel chaque plateforme comporte au moins une léchette, chaque léchette comportant un trou la traversant de part en part, et dans lequel l'élément de serrage traverse de part en part deux léchettes.
- [0019] L'invention concerne également un ensemble aubagé ainsi défini, dans lequel les trous traversés par l'élément de serrage sont des fentes inclinées pour s'écartier l'une de l'autre en s'éloignant de l'axe de rotation.
- [0020] L'invention concerne également un ensemble aubagé ainsi défini, dans lequel l'élément de serrage est un câble dont les extrémités sont reliées l'une à l'autre pour former une boucle.
- [0021] L'invention concerne également un ensemble aubagé ainsi défini, comportant une masselotte portée par le câble pour accroître sa tension par effet centrifuge lorsque le moteur est en service.
- [0022] L'invention concerne également un ensemble aubagé ainsi défini, dans lequel l'élément de serrage est une agrafe.
- [0023] L'invention concerne également un ensemble aubagé ainsi défini, comportant plusieurs éléments de serrage enserrant deux aubes circonférentiellement contiguës.
- [0024] L'invention concerne également un ensemble aubagé ainsi défini, dans lequel deux aubes ayant leurs plateaux enserrés par un élément de serrage sont des aubes en matériau composite à matrice céramique.
- [0025] L'invention concerne également une turbomachine comprenant un ensemble ainsi défini.

### **Brève description des dessins**

- [0026] – La [Fig.1] est une vue en coupe longitudinale d'un turboréacteur connu ;

- [0027] – La [Fig.2] est une vue en perspective de deux aubes circonférentiellement adjacentes équipant un disque rotatif selon un agencement connu de l'Etat de la technique ;
- [0028] – La [Fig.3] est une vue en perspective d'une paire d'aubes contiguës solidarisées par leurs plateformes conformément à l'invention ;
- [0029] – La [Fig.4] est une vue en coupe transversale locale des talons de deux aubes solidarisées l'une à l'autre conformément à l'invention ;
- [0030] – La [Fig.5] est une vue en coupe transversale locale des talons de deux aubes solidarisées l'une à l'autre avec un câble pourvu d'un balourd ;
- [0031] – La [Fig.6] est une vue schématique représentant la flexion de deux aubes solidarisées l'une à l'autre sous l'effet des efforts centrifuges et de la dilatation thermique ;
- [0032] – La [Fig.7] est une vue en coupe transversale locale des talons de deux aubes solidarisées l'une à l'autre avec un premier type d'agrafe ;
- [0033] – La [Fig.8] est une vue en coupe transversale locale des talons de deux aubes solidarisées l'une à l'autre avec un deuxième type d'agrafe ;
- [0034] – La [Fig.9] est une vue en perspective d'une paire d'aubes contiguës solidarisées par leurs plateformes selon une première variante de l'invention ;
- [0035] – La [Fig.10] est une vue en perspective d'une paire d'aubes contiguës solidarisées par leurs plateformes selon une deuxième variante de l'invention ;
- [0036] – La [Fig.11] est une vue en coupe transversale locale des talons de deux aubes solidarisées l'une à l'autre par un élément de serrage traversant des trous ayant des formes de fentes divergentes ;
- [0037] – La [Fig.12] est une vue en perspective d'une paire d'aubes contiguës solidarisées par leurs plateformes selon une troisième variante de l'invention ;
- [0038] – La [Fig.13] est une vue en perspective d'une paire d'aubes contiguës ayant au niveau de leurs plateformes des surfaces de contact anguleuses ;
- [0039] – La [Fig.14] est une vue schématique représentant la flexion de deux aubes solidarisées à une même aube centrale sous l'effet des efforts centrifuges et de la dilatation thermique ;
- [0040] – La [Fig.15] est une vue partielle d'un élément de rotor de turbomachine équipé d'aubes selon l'invention.
- [0041] **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS**
- [0042] L'idée à la base de l'invention est de contraindre les plateformes d'aubes circonférentiellement contiguës à être en contact pour générer des frottements d'amortissement. Ceci est assuré uniquement au niveau de paires d'aubes circonférentiellement contiguës en solidarisant leurs plateformes avec une agrafe ou analogue.
- [0043] Le maintien du contact en fonctionnement du moteur, malgré les efforts centrifuges tendant à éloigner les plateformes est rendu possible par la flexion des aubes l'une vers

l'autre.

- [0044] La raideur de deux aubes ainsi réunies par leurs plateformes se trouve augmentée pour devenir celle d'un bi-aube, ce qui permet d'échapper à des résonances vibratoires.
- [0045] Sur la [Fig.3], une aube 21a comporte un pied 22a par lequel elle est fixée à un disque (non représenté), prolongé par une pale 23a s'étendant selon une direction d'envergure EVa radiale par rapport à l'axe de rotation AX du disque qui la porte. Cette pale 23a comporte un intrados 24a et un extrados non visible sur la figure. Elle est terminée par un talon 27a situé à une extrémité radiale libre de l'aube, ce talon comportant une plateforme 28a qui est ici un plateau 29a portant une portion de léchette amont 30a, et une portion de léchette aval 31a destinées à assurer des fonctions d'étanchéité.
- [0046] Cette aube 21a est contiguë à une aube 21b ayant une géométrie analogue, c'est pourquoi cette aube 21b comporte, comme visible sur la [Fig.3] les mêmes parties qui sont repérées par les mêmes références numériques mais complétées par la lettre « b » au lieu de la lettre « a ».
- [0047] Lorsque les aubes 21a et 21b sont portées par un disque en étant voisines l'une de l'autre, leurs plateformes présentent des bords longitudinaux contigus 32a, 33b en vis-à-vis l'un de l'autre.
- [0048] Dans l'exemple de la [Fig.3], les bords 32a et 33b sont maintenus en appui l'un contre l'autre selon la direction circonférentielle grâce à un élément de serrage 35 pouvant être un câble 34 apparaissant plus clairement sur la [Fig.4], qui forme une boucle traversant les deux plateformes pour enserrer leurs bords 32a et 33b l'un en appui contre l'autre. Ce câble constitue une boucle en ayant ses deux extrémités rigidement solidarisées l'une à l'autre, par exemple par sertissage.
- [0049] Plus particulièrement la plateforme 28a comporte un trou 36a qui est orienté radialement, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction AX, pour traverser le plateau 29a de part en part, ce trou étant situé au voisinage du bord 32a. D'une manière analogue, la plateforme 28b comporte un trou 36b traversant radialement son plateau 29b au voisinage de son bord 33b. Ces trous traversent radialement les plateaux 29a, 29b de ces plateformes, ces plateaux ayant des formes générales de plaques orientées parallèlement à l'axe de rotation, c'est-à-dire selon des plans normaux à une direction perpendiculaire à l'axe de rotation.
- [0050] Le câble 34 constitue une boucle fermée qui longe les faces externes et internes des plateformes 28a et 28b tout en traversant leurs trous 36a, 36b. Ce câble 34 peut être installé en étant passé à travers les trous 36a, 36b, puis sectionné à la bonne longueur et être serré de manière à presser les bords 32a et 33b l'un contre l'autre avant de fixer ses extrémités l'une à l'autre par exemple par sertissage ou analogue.
- [0051] Avantageusement, la portion de boucle du câble qui longe la face radialement externe

des plateformes est équipée d'un poids formant un balourd, qui permet de tendre le câble sous l'effet des efforts centrifuges lorsque le moteur est en service, comme illustré sur la [Fig.5] où ce poids ou masselotte est repéré par 37.

- [0052] En fonctionnement, les plateformes des aubes ont tendance à s'écartier de l'axe de rotation AX compte tenu des efforts centrifuges. Par voie de conséquence, le diamètre délimité par les plateformes a tendance à augmenter lorsque le moteur est en service, de sorte que les plateformes tendent à s'écartier les unes des autres.
- [0053] Grâce à l'invention, et comme illustré sur la [Fig.6], deux aubes d'une même paire qui sont solidarisées par leurs talons sont contraintes de fléchir pour que leurs plateformes restent jointives et en appui l'une sur l'autre compte tenu de l'attache formée par le câble 34 qui les enserre. La tension du câble, qui est le cas échéant augmentée par les efforts centrifuges qu'il subit assure ainsi que les plateformes restent en contact pour absorber les vibrations, sans qu'il soit nécessaire de les précontraindre lors de leur montage sur le disque qui les porte.
- [0054] Ainsi, sur la [Fig.6], lorsque le moteur est en fonctionnement, l'écartement des aubes lié au grandissement du disque causé par l'effet centrifuge et la dilatation thermique, conjugué à l'enserrement des plateaux 29a et 29b bord à bord par le câble 34 tendent à faire fléchir la pale 23a du côté de son extrados vers l'aube 21b, alors que la pale 23b fléchit du côté de son intrados en direction de l'aube 21a. Comme on le comprend à la vue de la [Fig.6], ces flexions s'exercent dans un plan normal à l'axe de rotation AX.
- [0055] Dans l'exemple des figures 3 à 5, l'élément de serrage 35 assurant la solidarisation des deux plateformes 28a, 28b est un câble 34 traversant les trous 36a et 36b formés dans ces plateformes qu'ils traversent de part en part. Mais d'autres solutions peuvent être envisagées, comme dans la variante de la [Fig.7] où la solidarisation des deux plateformes est assurée par une agrafe 38.
- [0056] Comme visible sur la [Fig.7], cette agrafe 38 comporte un corps 39 sensiblement rectiligne qui longe la face radialement externe des plateformes 28a et 28b, et qui est prolongé à chacune de ses extrémités par deux branches 41 s'étendant perpendiculairement au corps 39 et parallèlement l'une à l'autre pour s'engager respectivement dans les trous 36a et 36b. L'agrafe 38 peut aussi être montée dans l'autre sens avec le corps 39 longeant la face radialement interne des plateformes 28a et 28b. Cette agrafe peut être fabriquée par découpe et/ou pliage d'une tôle, ou bien par formage d'une tige. Le matériau de l'agrafe est prévu pour résister à des températures élevées, ce matériau pouvant par exemple être un super-alliage.
- [0057] Chaque branche est terminée par une patte 42, chaque patte 42 s'étendant à angle droit de la branche qu'elle prolonge de façon à être rabattue le long de la face interne de la plateforme qu'elle traverse. Ces pattes 42 permettent ainsi d'assurer que l'agrafe 38 ne soit pas extraite sous l'effet des efforts centrifuges lorsque le moteur est en

service.

- [0058] Le montage de cette agrafe consiste par exemple à engager ses branches 41 dans les trous 36a et 36b, avant de replier ses pattes 42 par déformation plastique.
- [0059] Pour accroître l'intensité de l'effort presseur exercé par l'agrafe sur les plateformes et qui tend à presser circonférentiellement leurs bords l'un contre l'autre, le corps 39 de l'agrafe peut se présenter sous la forme d'un élément élastique tel qu'un ressort qui est continuellement sollicité en tension lorsque l'agrafe est en place, comme sur l'exemple de la [Fig.8]. L'agrafe est alors avantageusement obtenue par formage d'une tige pour constituer le ressort au niveau de son corps, et pour constituer également ses branches.
- [0060] Dans l'exemple de la [Fig.3], on a prévu un unique élément de serrage 35 pour solidariser deux plateformes, mais il est possible de prévoir plusieurs éléments de serrage 35 pour solidariser deux plateformes, comme dans l'exemple de la [Fig.9] où deux éléments de serrage 35 sont prévus.
- [0061] L'un de ces éléments de serrage 35 est situé en amont des léchettes amont 30a et 30b, et l'autre est situé en aval des léchettes aval 31a et 31b. Ces éléments de serrage 35 peuvent être au choix des câbles ou des agrafes.
- [0062] Par ailleurs, les éléments de serrage 35 utilisés peuvent traverser des trous du corps de la plateforme comme sur les figures 3 à 5 et 7 à 9, mais ces éléments de serrage peuvent aussi être agencés pour traverser les portions de léchette comme dans l'exemple de la [Fig.10]. Dans ce cas, on prévoit avantageusement deux éléments 35, l'un enserrant les léchettes aval 31a et 31b, et l'autre enserrant les léchettes amont 30a, 30b.
- [0063] Dans ce cas, les éléments 35, qui peuvent être des agrafes ou des câbles, peuvent être engagés dans des trous non pas circulaires comme dans les exemples précédents, mais dans des trous ayant des formes de fentes ou encoches radialement divergentes l'une par rapport à l'autre. Dans ce cas qui est illustré sur la [Fig.11], les trous 36a et 36b qui sont formés dans les léchettes 31a et 31b ont des formes de fentes qui sont inclinées de manière à s'écartier l'une de l'autre selon la direction circonférentielle lorsqu'on s'éloigne de l'axe de rotation.
- [0064] Par conséquent, du fait que les efforts centrifuges appliqués aux éléments 35 tendent à les écarter de l'axe de rotation, la rotation du moteur tend à mettre en tension ces éléments 35, pour accroître l'effort d'enserrement qu'ils exercent sur les plateformes.
- [0065] Dans les exemples qui ont été illustrés sur les figures 3 à 11, les éléments de serrage 35 sont engagés dans des trous formés au voisinage des bords 32a et 33b qu'ils enserrent, mais ces éléments de serrage 35 peuvent aussi être engagés dans des trous traversants 36a et 36b formés à distance des bords 32a et 33b qu'ils enserrent, comme illustré sur la [Fig.12].
- [0066] Dans le cas de la [Fig.12], ces trous 36a et 36b se présentent sous forme d'encoches

ou de décochements formés au niveau des bords opposés aux bords 32a et 33b des plateformes et débouchant circonférentiellement dans ces bords opposés. L'élément de serrage est ici une agrafe 38 montée de la même manière que dans l'exemple de la [Fig.7], mais dont le corps s'étend sur toute la longueur des plateformes 28a et 28b selon la direction circonférentielle.

- [0067] Dans les exemples des figures 3 à 12, les bords 32a et 33b enserrés par le ou les éléments de serrage 35 sont représentés comme étant sensiblement rectilignes et parallèles à l'axe de rotation. Ces bords peuvent aussi avoir des formes anguleuses complémentaires comme sur l'exemple de la [Fig.13].
- [0068] Ces formes anguleuses complémentaires permettent notamment de générer des efforts de contact qui améliorent l'efficacité de dissipation de l'énergie vibratoire, et par là-même l'amplitude des vibrations.
- [0069] D'une manière générale, l'objet de l'invention est de solidariser des groupes d'aubes circonférentiellement contigüés par leurs plateformes de manière à constituer des secteurs d'aubes mécaniquement solidaires les unes des autres au niveau de leurs talons. Un tel secteur d'aubes présente ainsi une rigidité plus importante, ce qui permet de limiter l'amplitude des modes vibratoires qu'elles subissent.
- [0070] Les talons de deux secteurs d'aubes consécutifs sont ainsi mécaniquement dépendants.
- [0071] Sur la [Fig.14] on a représenté un secteur d'aube comprenant trois aubes 21a, 21b, 21c solidarisées entre elles au niveau de leurs talons par deux éléments de serrage non représentés.
- [0072] Selon cette disposition, les deux aubes 21a et 21b sont situées de part et d'autre de l'aube centrale 21c qui est du même type que les deux autres. En fonctionnement, compte tenu de la symétrie de cette disposition par rapport à l'aube centrale 21c, cette aube centrale ne fléchit pas lorsque le moteur est en service, et les aubes 21a et 21b fléchissent de la même manière que dans l'exemple de la [Fig.6].
- [0073] Le nombre d'aubes d'un secteur peut être de deux, trois ou plus, selon les impératifs de dimensionnement et de fonctionnement du moteur.
- [0074] Un ensemble aubagé comportant des aubes selon l'invention peut appartenir à un élément de rotor de turbomachine, tel que le disque de rotor DR dont une partie est représentée sur la [Fig.15]. Les aubes 21a, 21b peuvent alors être montées par leurs pieds dans des alvéoles correspondantes de ce disque DR en constituant une couronne d'aubes 21a, 21b qui entourent le disque DR tout en étant portées par celui-ci.
- [0075] L'invention permet de diminuer la déformation des aubes sous l'effet de vibrations, c'est-à-dire de diminuer l'amplitude des vibrations auxquelles elles sont soumises. La dissipation des vibrations est assurée par les frottements des aubes entre elles dont les efforts de contact sont maîtrisés grâce aux éléments de serrage qui enserrent leurs pla-

teformes.

- [0076] Elle s'applique à tout type d'aubage, fixe ou mobile, de compresseur, de turbine, pouvant être en alliage, en matériau composite tel que du composite à matrice céramique (CMC) ou autre.
- [0077] L'intérêt de l'invention réside dans le fait qu'elle ne nécessite pas de précontraindre les aubes au montage, ce qui permet de réduire les contraintes mécaniques dans les aubes en fonctionnement. Dans ces conditions, l'invention est avantageuse pour les aubes en matériau composite à matrice céramique, attendu que ce matériau supporte des contraintes mécaniques moindres que les autres matériaux.

## Revendications

[Revendication 1]

Ensemble aubagé de turbomachine s'étendant autour d'un axe de rotation (AX) et comprenant au moins deux aubes (21a, 21b) circonférentiellement contiguës, dans lequel chaque aube (21a, 21b) s'étend selon une direction d'envergure orientée radialement par rapport à l'axe de rotation (AX), jusqu'à un talon (27a) situé à une extrémité radiale libre de l'aube (21a, 21b), ce talon (27a) comportant une plateforme (28a, 28b), deux plateformes circonférentiellement adjacentes ayant des bords contigus (32a, 33b) circonférentiellement en regard l'un de l'autre, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un élément de serrage (35) enserrant bord à bord deux plateformes (28a, 28b) d'aubes (21a, 21b) circonférentiellement contiguës, en ce que chacune des deux plateformes (28a, 28b) comporte un trou (36a, 36b) la traversant de part en part, et en ce que l'élément de serrage (35) traverse ces deux trous (36a, 36b) en étant agencé pour exercer entre ces deux plateformes (28a, 28b) un effort de tension orienté circonférentiellement par rapport à l'axe de rotation (AX), et en ce que l'élément de serrage (35) est un câble (34) dont les extrémités sont reliées l'une à l'autre pour former une boucle.

[Revendication 2]

Ensemble aubagé selon la revendication 1, dans lequel chaque plateforme (28a, 28b) s'étend parallèlement à l'axe de rotation (AX), chaque plateforme (28a, 28b) comportant un trou (36a, 36b) la traversant de part en part, et dans lequel l'élément de serrage (35) traverse de part en part chaque plateforme (28a, 28b).

[Revendication 3]

Ensemble aubagé selon la revendication 1, dans lequel chaque plateforme (28a, 28b) comporte au moins une léchette (30a, 30b, 31a, 31b), chaque léchette comportant un trou (36a, 36b) la traversant de part en part, et dans lequel l'élément de serrage (35) traverse de part en part deux léchettes (30a, 30b, 31a, 31b).

[Revendication 4]

Ensemble aubagé selon la revendication 3, dans lequel les trous (36a, 36b) traversés par l'élément de serrage (35) sont des fentes inclinées qui s'écartent l'une de l'autre en s'éloignant de l'axe de rotation (AX).

[Revendication 5]

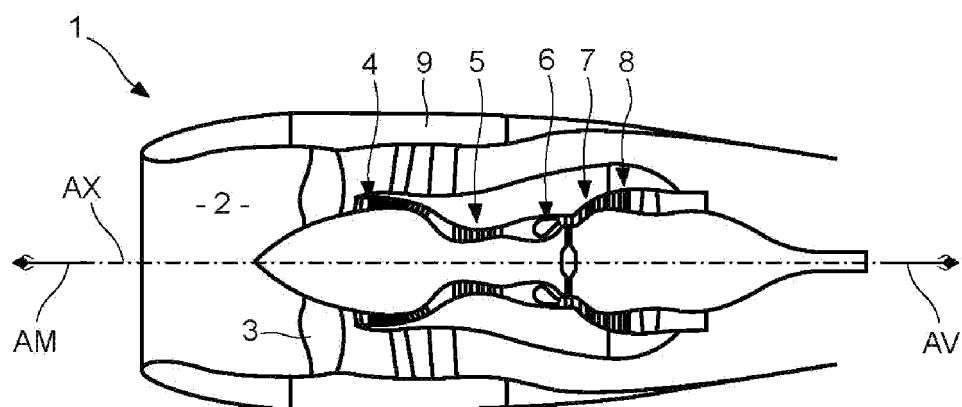
Ensemble aubagé selon la revendication 5, comportant une masselotte (37) portée par le câble (34) pour accroître sa tension par effet centrifuge lorsque le moteur est en service.

[Revendication 6]

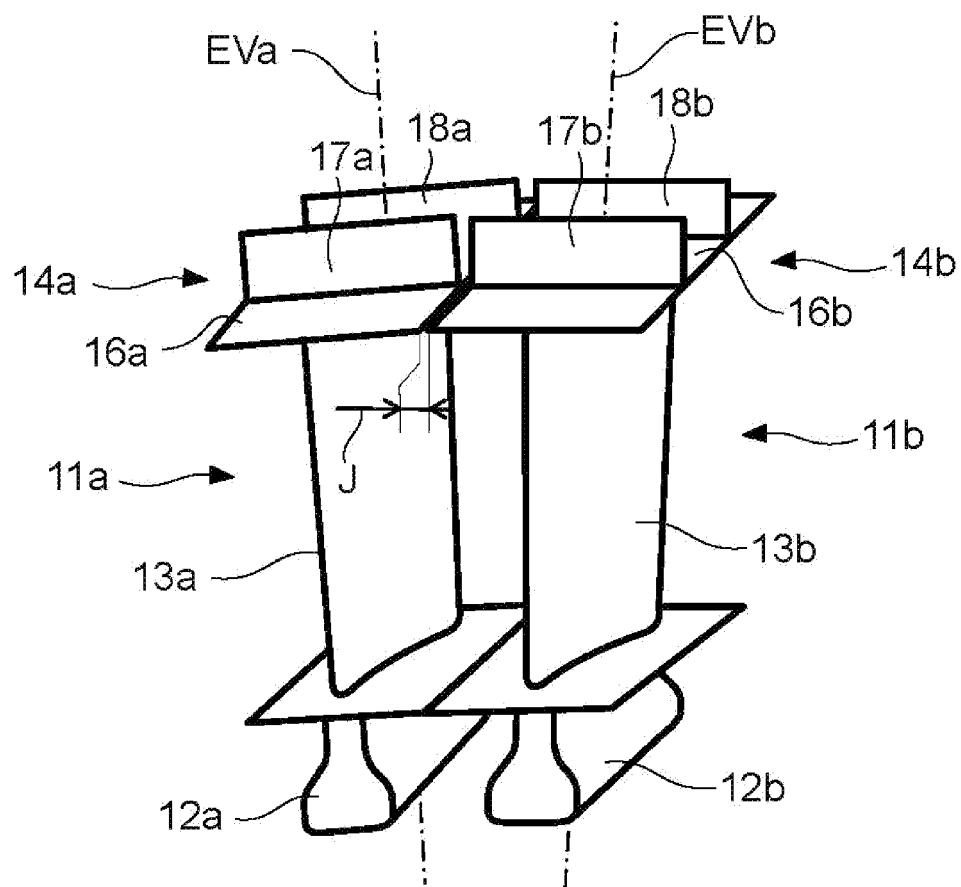
Ensemble aubagé selon l'une des revendications 1 à 5, comportant plusieurs éléments de serrage (35) enserrant deux aubes (21a, 21b) circonférentiellement contiguës.

- [Revendication 7] Ensemble aubagé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel deux aubes (21a, 21b) ayant leurs plateaux (29a, 29b) enserrés par un élément de serrage (35) sont des aubes en matériau composite à matrice céramique.
- [Revendication 8] Turbomachine comprenant un ensemble selon l'une des revendications 1 à 7.

[Fig. 1]

FIG. 1

[Fig. 2]

FIG. 2

[Fig. 3]

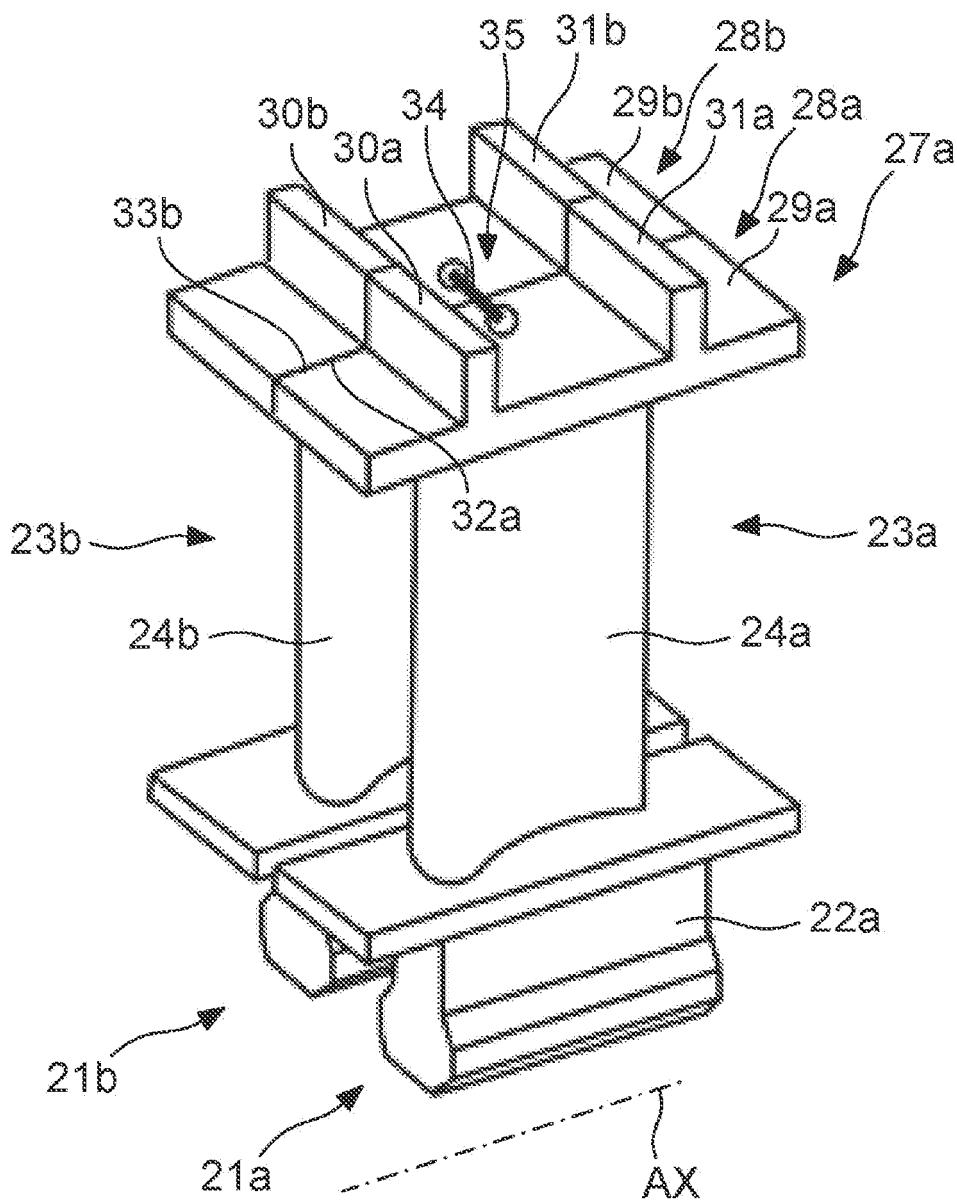
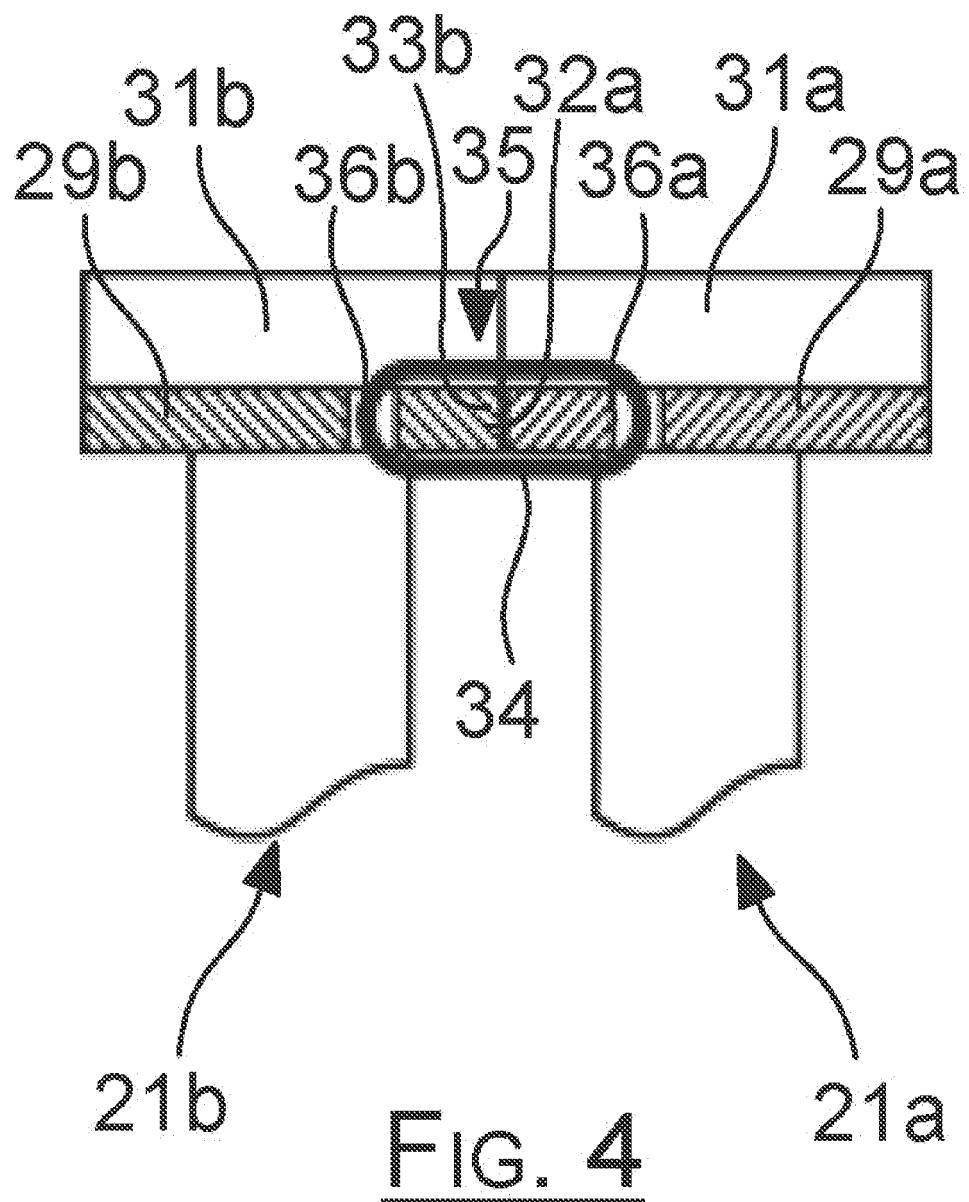


FIG. 3

[Fig. 4]



[Fig. 5]

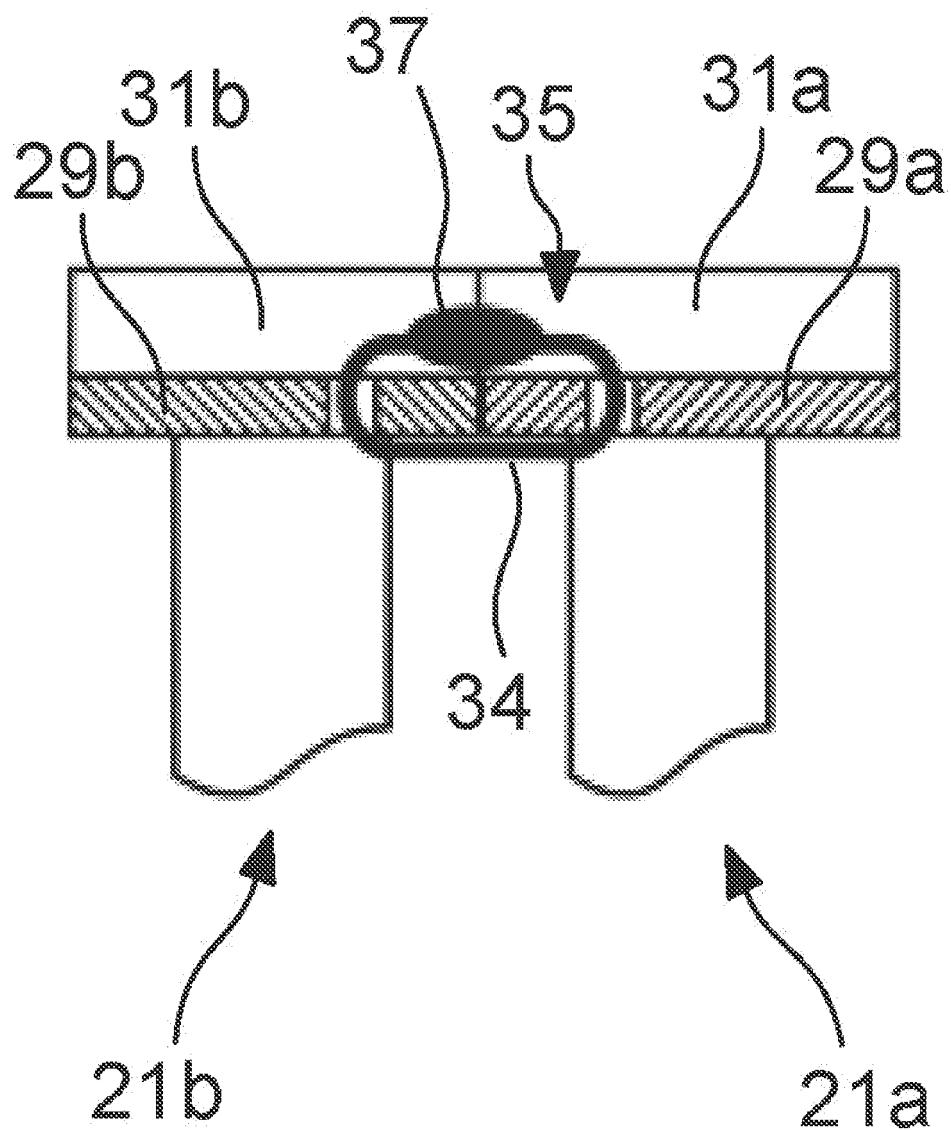
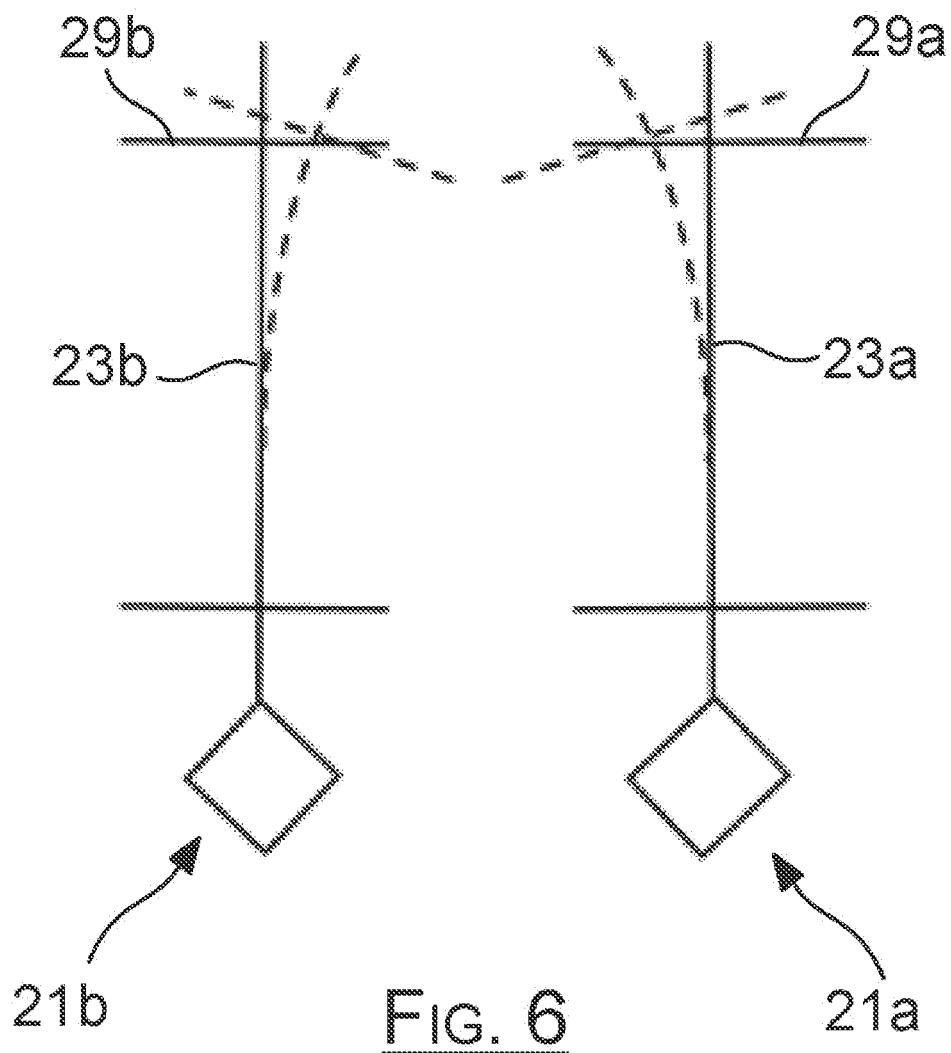
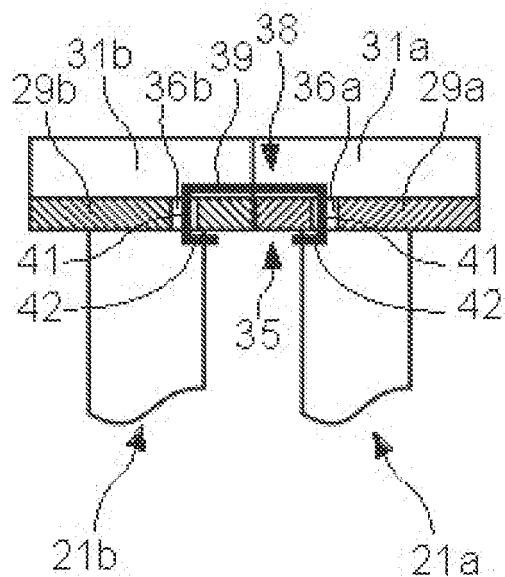


FIG. 5

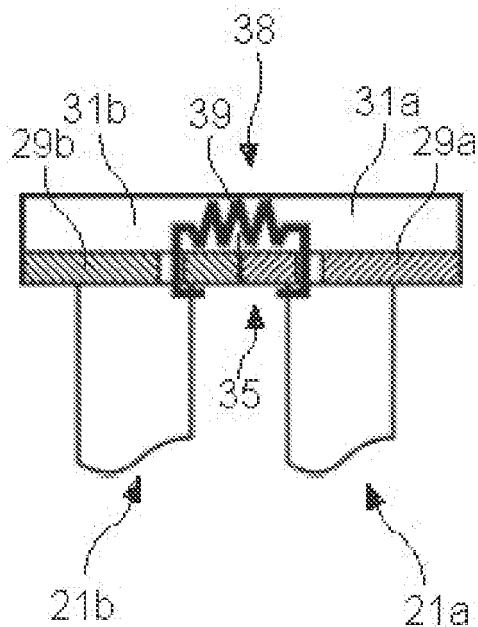
[Fig. 6]



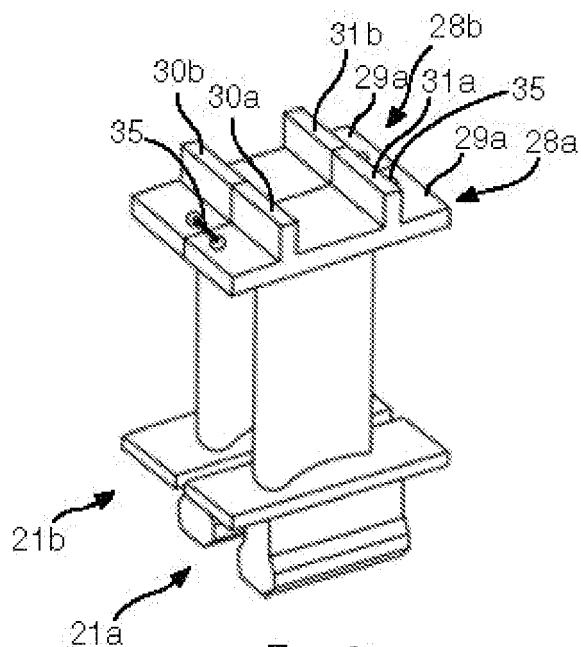
[Fig. 7]

FIG. 7

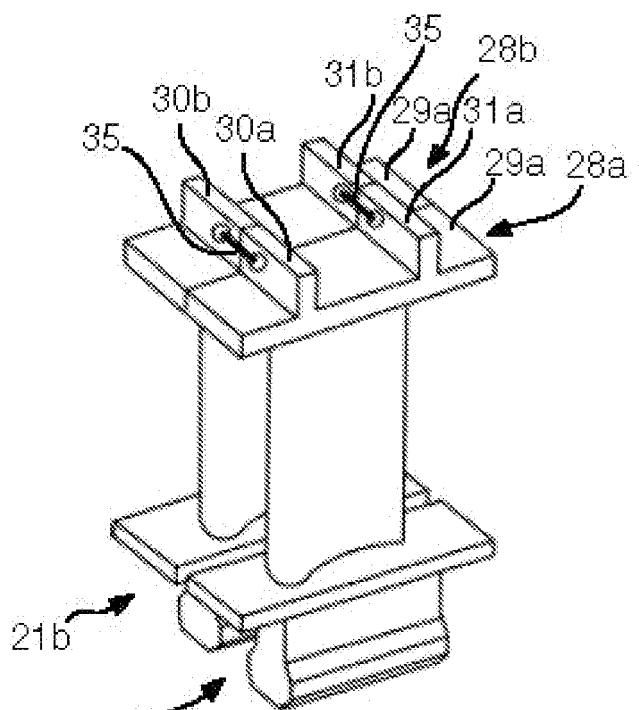
[Fig. 8]

FIG. 8

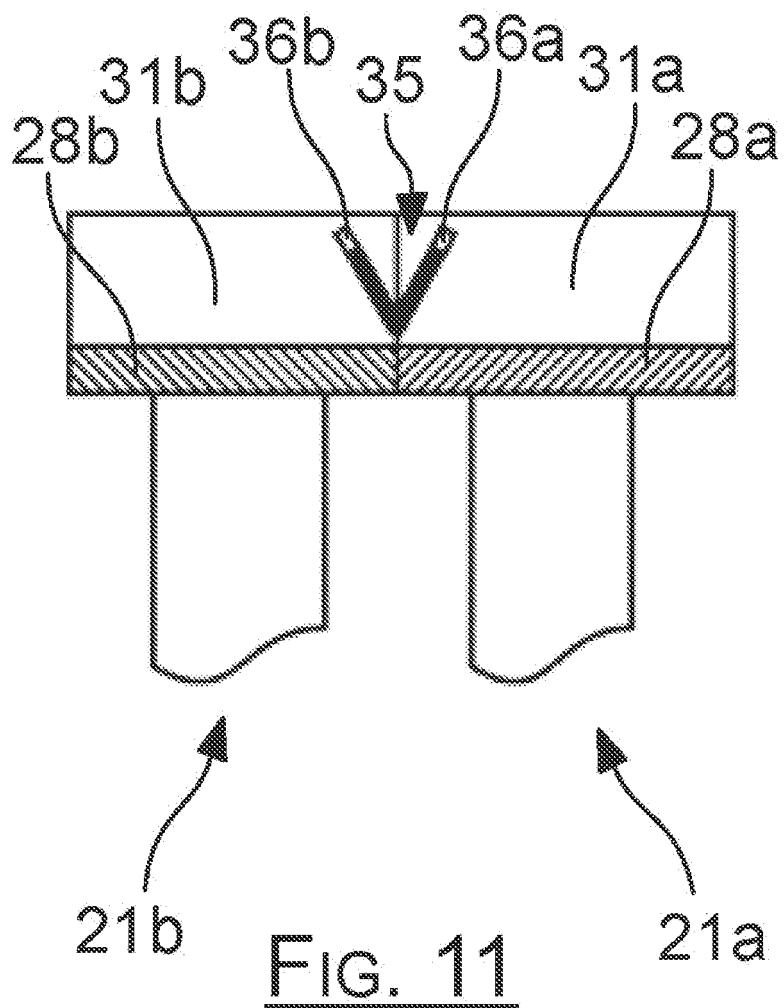
[Fig. 9]

FIG. 9

[Fig. 10]

FIG. 10

[Fig. 11]



[Fig. 12]

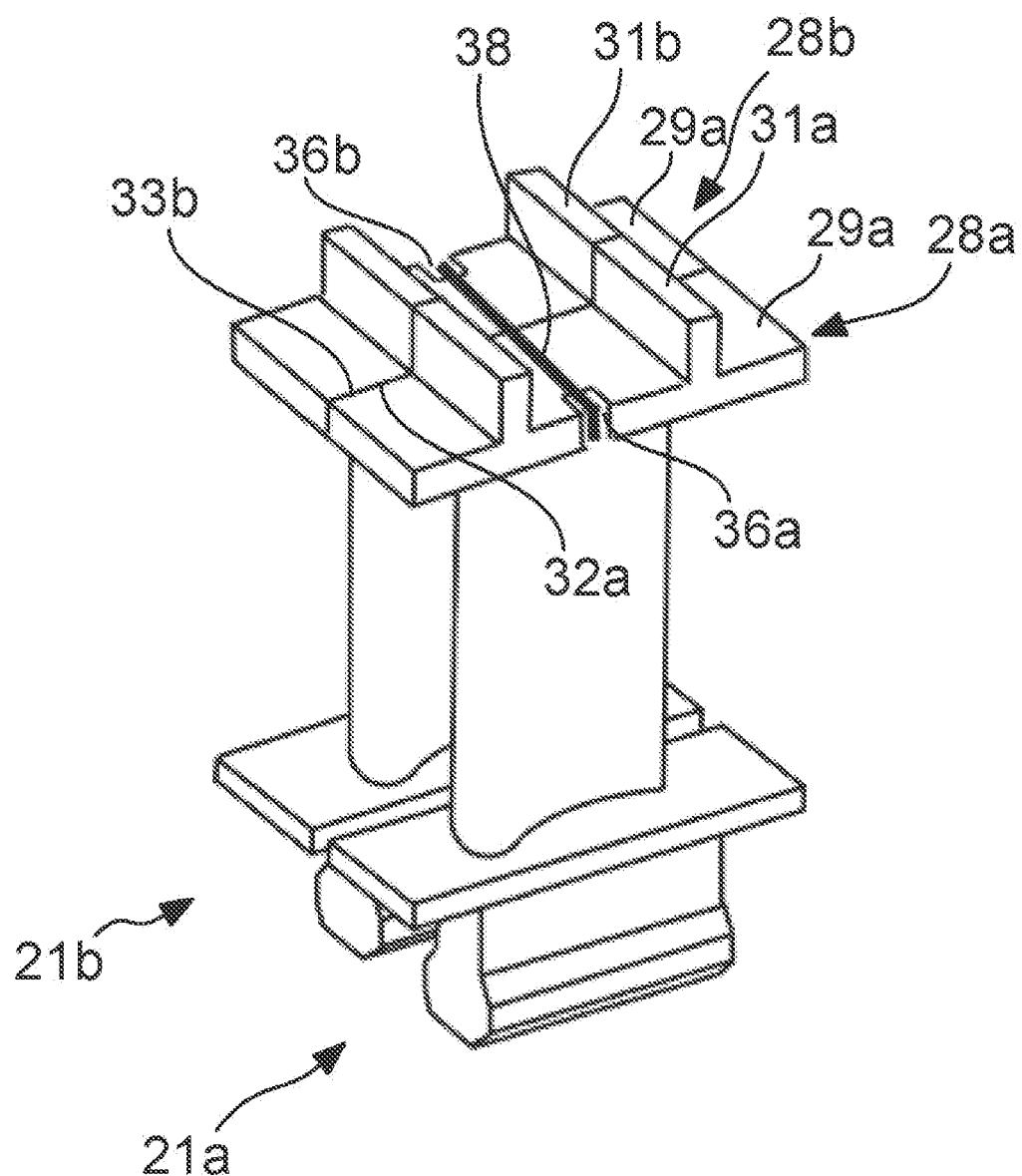


FIG. 12

[Fig. 13]

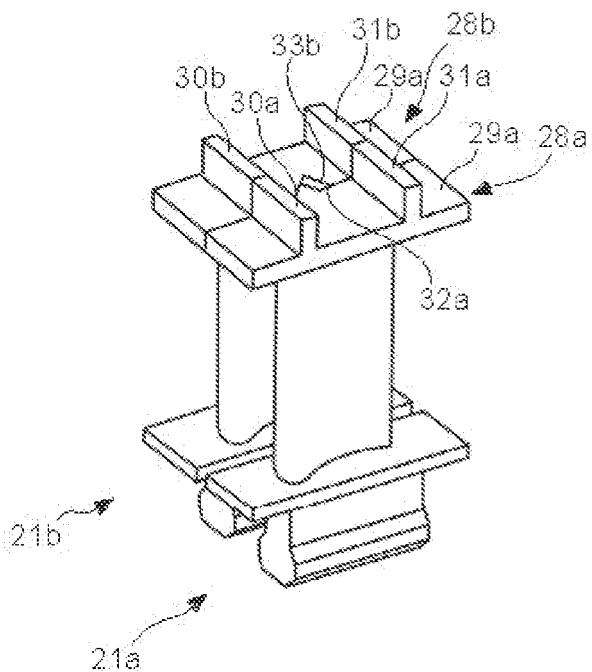


Fig. 13

[Fig. 14]

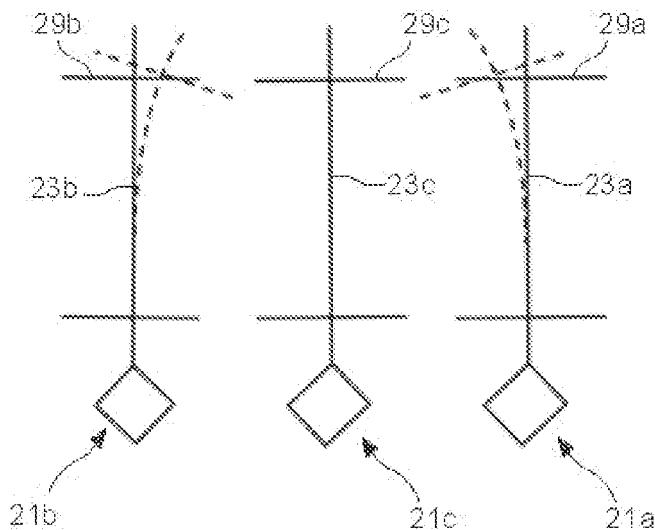
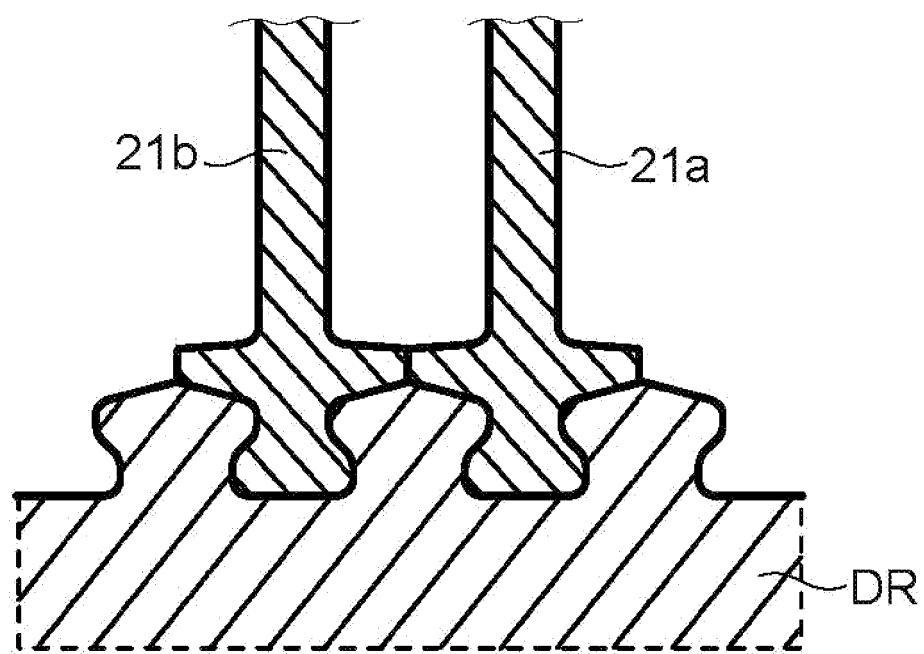


Fig. 14

[Fig. 15]

FIG. 15

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

[x] Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

□ Le demandeur a maintenu les revendications.

[x] Le demandeur a modifié les revendications.

□ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

□ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

□ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

□ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

□ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

□ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

FR 2 955 608 A1 (SNECMA [FR]; SNECMA  
PROPULSION SOLIDE [FR])  
29 juillet 2011 (2011-07-29)

FR 1 552 101 A (RATEAU; FORGE ET ATELIERS  
DU CREUSOT) 3 janvier 1969 (1969-01-03)

US 4 028 006 A (KURODA MICHIO ET AL)  
7 juin 1977 (1977-06-07)

FR 1 403 799 A (RATEAU SOC; CREUSOT FORGES  
ATELIERS) 25 juin 1965 (1965-06-25)

FR 2 960 021 A1 (SNECMA [FR]; SNECMA  
PROPULSION SOLIDE [FR])  
18 novembre 2011 (2011-11-18)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN  
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND  
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT