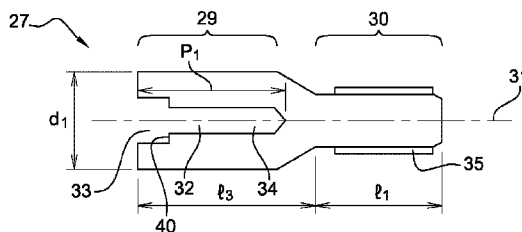
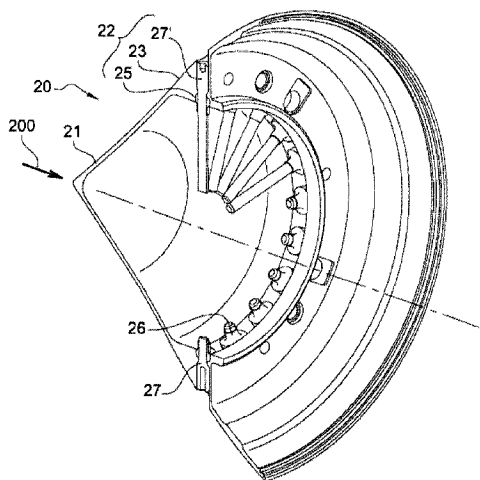




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2014/01/06
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2014/07/24
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2020/06/16
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2015/07/14
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2014/050005
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2014/111641
(30) Priorité/Priority: 2013/01/18 (FR1350428)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F01D 5/02* (2006.01),
F16B 23/00 (2006.01), *F16B 37/14* (2006.01),
F16F 15/28 (2006.01), *F16F 15/32* (2006.01),
G01M 1/32 (2006.01), *F02C 7/04* (2006.01)
(72) Inventeurs/Inventors:
LE STRAT, JEAN-LUC, FR;
POHIER, HERVE, FR;
THORY, ROMAIN JEAN-LOUIS ROBERT, FR
(73) Propriétaire/Owner:
SNECMA, FR
(74) Agent: LAVERY, DE BILLY, LLP

(54) Titre : VIS D'EQUILIBRAGE POUR DISPOSITIF D'EQUILIBRAGE MOTEUR POUR CAPOT D'ENTREE DE
TURBOMACHINE
(54) Title: BALANCING SCREW FOR ENTRY SHROUD IN AN ENGINE BALANCING DEVICE FOR A TURBINE
ENGINE



(57) Abrégé/Abstract:

Un dispositif d'équilibrage (22) pour une pièce tournante (20) de turbomachine comporte une virole (23) percée par une pluralité d'orifices (25), chaque orifice (25) étant traversé par une vis d'équilibrage (27, 27'), chaque vis d'équilibrage (27, 27') comportant un corps (30) et une tête (29), la tête (29) de chaque vis d'équilibrage (27, 27') étant percée par un évidement (32), les vis d'équilibrage (27, 27') étant d'au moins une première sorte (27), l'évidement (32) des vis de la première sorte (27) étant formé par une empreinte de serrage (33) prolongée par un évidement additionnel (34). Un procédé et une vis d'équilibrage associés sont aussi divulgués.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
24 juillet 2014 (24.07.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/111641 A1

(51) Classification internationale des brevets :

F01D 5/02 (2006.01) *F16F 15/32* (2006.01)
F16B 23/00 (2006.01) *F16B 37/14* (2006.01)
F16F 15/28 (2006.01) *F02C 7/04* (2006.01)
G01M 1/32 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2014/050005

(22) Date de dépôt international :

6 janvier 2014 (06.01.2014)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1350428 18 janvier 2013 (18.01.2013) FR

(71) Déposant : SNECMA [FR/FR]; 2 Boulevard du Général
Martial Valin, F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs : LE STRAT, Jean-Luc; SNECMA PI (AJI),
Rond-Point René Rauvaud - Réau, F-77550 Moissy Cra-
mayel (FR). POHIER, Hervé; SNECMA PI (AJI), Rond-
Point René Rauvaud - Réau, F-77550 Moissy Cramayel
(FR). THORY, Romain, Jean-Louis, Robert; SNECMA
PI (AJI), Rond-Point René Rauvaud - Réau, F-77550
Moissy Cramayel (FR).

(74) Mandataire : CAMUS, Olivier; Cabinet Camus-Lebkiri,
87 rue Taitbout, F-75009 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : BALANCING SCREW, DEVICE AND METHOD FOR A ROTATING PART OF A TURBINE ENGINE

(54) Titre : VIS, DISPOSITIF ET PROCÉDÉ D'ÉQUILIBRAGE POUR PIÈCE TOURNANTE DE TURBOMACHINE

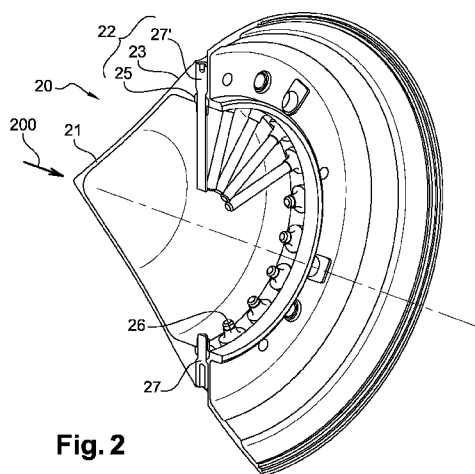


Fig. 2

(57) Abstract : The invention relates to a balancing device (22) for a rota-
ting part (20) of a turbine engine, which comprises a shroud (23) through
which a plurality of openings (25) extend, each opening (25) having a
balancing screw (27, 27') passing therethrough, each balancing screw (27,
27') comprising a body (30) and a head (29), a recess being formed in the
head (29) of each balancing screw (27, 27'), the balancing screws (27, 27')
being at least of a first type (27), the recess (32) of the screws of the first
type (27) being formed by a tightening recess (33) extended by an addition-
al recess (34). A related balancing method and screw are also disclosed.

(57) Abrégé : Un dispositif d'équilibrage (22) pour une pièce tournante
(20) de turbomachine comporte une virole (23) percée par une pluralité
d'orifices (25), chaque orifice (25) étant traversé par une vis d'équilibrage
(27, 27'), chaque vis d'équilibrage (27, 27') comportant un corps (30) et
une tête (29), la tête (29) de chaque vis d'équilibrage (27, 27') étant percée
par un évidement (32), les vis d'équilibrage (27, 27') étant d'au moins une
première sorte (27), l'évidement (32) des vis de la première sorte (27)
étant formé par une empreinte de serrage (33) prolongée par un évidem-
ent additionnel (34). Un procédé et une vis d'équilibrage associés sont
aussi divulgués.

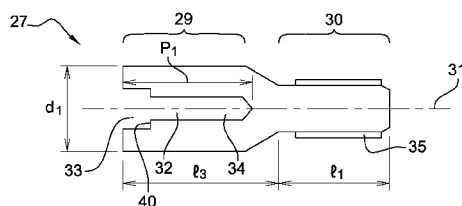


Fig. 7

WO 2014/111641 A1

TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

VIS D'ÉQUILIBRAGE POUR DISPOSITIF D'ÉQUILIBRAGE MOTEUR POUR CAPOT D'ENTRÉE DE TURBOMACHINE

DOMAINE TECHNIQUE

- 5 La présente invention concerne une vis d'équilibrage pour dispositif d'équilibrage moteur pour capot d'entrée de turbomachine, ainsi qu'un dispositif d'équilibrage moteur pour capot d'entrée de turbomachine, ainsi qu'une turbomachine comportant un tel dispositif d'équilibrage. La présente invention concerne également un capot d'entrée comportant un tel dispositif d'équilibrage, ainsi qu'une méthode d'équilibrage
- 10 utilisant un tel dispositif d'équilibrage.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEUR

Un capot d'entrée 10 tournant de turbomachine d'aéronef comporte généralement deux parties fixées l'une à l'autre, comme représenté à la figure 1 :

- 15 - une partie avant en forme de cône, appelée cône avant 11. Le cône avant 11 présente une extrémité avant 13 en forme de pointe de cône centrée sur un axe de rotation X du capot d'entrée 10, correspondant également à un axe longitudinal de l'ensemble de la turbomachine. Le cône avant 11 présente également une extrémité arrière 14 s'étendant radialement par rapport à l'axe X selon une forme annulaire.
- 20 - une partie arrière, appelée virole arrière 12, s'étendant selon l'axe longitudinal X de la turbomachine et prolongeant le cône avant 11. La virole arrière 12 présente une extrémité avant 15 s'étendant radialement par rapport à l'axe X selon une forme annulaire. De façon classique, le cône avant 11 et la virole arrière 12 sont fixés par des boulons 16
- 25 traversant d'avant en arrière l'extrémité arrière 14 du cône avant 11 et l'extrémité avant 15 de la virole arrière 12.

On note que les termes « avant » et « arrière » sont à considérer par rapport à une direction générale d'écoulement de fluides à travers la turbomachine, allant de

l'avant vers l'arrière comme cela est représenté schématiquement par une flèche 100.

De manière connue, la turbomachine comporte des modules dits majeurs, eux-mêmes comportant des modules dits mineurs. Cette répartition en modules permet
5 un système d'assemblage aisé par sous-éléments, mais également une répartition des balourds par équilibrage modulaire. En effet, chaque module mineur tournant est équilibré en dynamique afin de réduire son balourd et ainsi limiter les impacts sur le moteur une fois que celui-ci est assemblé. Un balourd est une masse parasite entraînant un déséquilibre d'une pièce tournante.

10 Puis, une fois assemblé, la turbomachine est elle-même équilibrée. Classiquement, la virole arrière 12 dispose de trente-six trous 17 répartis sur sa périphérie, dans lesquels sont sertis des écrous 18. Les écrous sertis 18 sont aptes à recevoir des vis dites d'équilibrage permettant de limiter le balourd global de la turbomachine. En effet, en choisissant judicieusement les poids des vis d'équilibrage à visser dans les
15 écrous 18, on équilibre la turbomachine.

Toutefois, dans les petits moteurs, la fonction d'équilibrage moteur par implantation de vis d'équilibrage de longueurs et de masses différentes est difficile à réaliser. En effet, dans les petits moteurs, le cône avant est de petit diamètre de sorte que le centre de gravité des vis se trouve alors très proche de l'axe moteur ce qui diminue
20 leur capacité d'équilibrage totale. En outre, le diamètre et l'environnement réduit oblige à réduire le nombre de vis utilisées et à prendre des vis avec un diamètre fileté de petit diamètre, ce qui conduit à une diminution de la masse totale des vis, et donc de la capacité d'équilibrage totale. En outre, dans les petits moteurs, les vis d'équilibrage alourdissent la turbomachine.

25 EXPOSE DE L'INVENTION

L'invention vise à remédier aux inconvénients de l'état de la technique en proposant une vis d'équilibrage pour dispositif d'équilibrage qui permette au dispositif d'équilibrage d'être utilisé dans les petits moteurs, qui soit optimisée en masse par rapport à celle de l'art antérieur.

Pour ce faire, est proposé selon un premier aspect de l'invention, une vis d'équilibrage pour dispositif d'équilibrage de turbomachine, la vis d'équilibrage comportant un corps et une tête, la tête étant percée par un évidement, l'évidement étant formé par une empreinte de serrage et par un évidement additionnel,
5 l'empreinte de serrage présentant un fond, le fond de l'empreinte de serrage étant percé par l'évidement additionnel.

Le fait d'avoir un évidement additionnel qui prolonge axialement l'empreinte de serrage permet d'avoir une vis d'équilibrage plus légère. . En effet, on peut ainsi
10 diminuer la masse des vis sans modifier leurs dimensions extérieures, ce qui est avantageux car tous les orifices de la virole destinés à recevoir des vis doivent obligatoirement être obstrués par des vis même si certaines de ces vis ne sont pas utiles pour l'équilibrage, car ces orifices débouchent dans la veine. Par conséquent, il est avantageux d'avoir des vis de masse faible pour ne pas trop alourdir la
15 turbomachine. Dans ce cas, la tête de serrage est percée par un évidement formé par l'empreinte de serrage et par un évidement additionnel qui prolonge l'empreinte de serrage. L'évidement additionnel présente de préférence une forme cylindrique de façon à faciliter sa fabrication. En outre, l'évidement additionnel présente de préférence des dimensions inférieures à celles de l'empreinte de serrage de façon à
20 ce qu'une clé de serrage insérée dans l'empreinte de serrage puisse venir en butée au fond de l'empreinte de serrage, à la limite avec l'évidement additionnel.

Un deuxième aspect de l'invention concerne un dispositif d'équilibrage pour une pièce tournante de turbomachine, comportant une virole percée par une pluralité d'orifices, chaque orifice étant traversé par une vis d'équilibrage selon le premier
25 aspect de l'invention.

Le dispositif d'équilibrage selon l'invention peut également comporter une plus plusieurs des caractéristiques ci-après prises individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles.

Avantageusement, les vis d'équilibrage sont d'au moins une première et une
30 deuxième sorte, l'évidement des vis de la première sorte présentant une profondeur p_1 , les vis d'équilibrage de la deuxième sorte présentant une profondeur d'évidement

p2, p2 étant strictement inférieur à p1, les vis d'équilibrage de la deuxième sorte et de la première sorte étant réparties radialement autour de la virole de façon à équilibrer la pièce tournante.

Le fait d'avoir un dispositif d'équilibrage dans lequel on fait varier la profondeur de l'évidement des têtes de vis de façon à compenser le balourd permet d'avoir plus de possibilités pour équilibrer la turbomachine, y compris lorsqu'elle présente des petites dimensions. En effet, le fait de faire varier la profondeur de l'évidement permet une plus grande variation de la masse et de la position du centre de gravité des vis d'équilibrage, ce qui permet d'avoir plus de possibilités pour équilibrer le moteur, y compris lorsque ce moteur présente des dimensions réduites. On peut ainsi faire varier la masse des vis d'équilibrage sans faire varier leurs dimensions extérieures.

Avantageusement, les vis d'équilibrage de la première et de la deuxième sorte comportent une empreinte de serrage adaptée pour recevoir une clé de serrage.

L'évidement des vis d'équilibrage de la deuxième sorte correspond de préférence à l'empreinte de serrage des vis d'équilibrage de la deuxième sorte. Ainsi, les vis d'équilibrage de la deuxième sorte présentent de préférence un évidement minimal, qui leur permet d'avoir une masse plus importante. Dans ce cas, l'évidement qui correspond à l'empreinte de serrage présente de préférence une forme adaptée à celle de la clé de serrage qui est destinée à être insérée dans l'empreinte de serrage.

Selon un mode de réalisation :

- les vis d'équilibrage de la première sorte sont réalisées dans un matériau présentant une première masse volumique m_1 ,
- les vis d'équilibrage de la deuxième sorte étant réalisées dans un matériau présentant une deuxième masse volumique m_2 , m_2 étant strictement supérieur à m_1 .

Le fait d'utiliser des matériaux différents pour les vis d'équilibrage permet d'avoir plus de possibilités pour équilibrer la pièce tournante, ce qui est avantageux dans le cas où la virole est de petites dimensions, et où les possibilités d'équilibrage par modifications des dimensions extérieures des vis d'équilibrage sont limitées.

Avantageusement, les vis d'équilibrage de la première sorte sont réalisées en titane.

Avantageusement, les vis d'équilibrage de la deuxième sorte sont réalisées en acier.

Selon un mode de réalisation :

- les vis de la première sorte présentent une longueur l_1 ;
- 5 - les vis de la deuxième sorte présentent une longueur l_2 , $l_2 > l_1$;

Ce qui permet encore d'augmenter la variation de masse entre les vis de la première sorte et les vis de la deuxième sorte.

- Les vis d'équilibrages présentent de préférence des têtes de vis cylindriques, ce qui permet de faciliter la fabrication des vis d'équilibrage. En outre, dans le cas des vis d'équilibrage de la deuxième sorte, cela permet d'augmenter encore la masse de leur tête. Le fait d'augmenter la masse des têtes des vis de la deuxième sorte permet de déplacer leur centre de gravité vers la tête desdites vis, et donc de l'éloigner de l'axe moteur, ce qui permet d'augmenter la capacité d'équilibrage des vis.

Selon différents modes de réalisation :

- 15 - la tête de chaque vis d'équilibrage de la première sorte peut présenter une masse au moins égale à 60% de la masse totale de ladite vis d'équilibrage ; et/ou
- la tête de chaque vis d'équilibrage de la deuxième sorte peut présenter une masse au moins égale à 40% de la masse totale de ladite vis d'équilibrage.

Le fait d'avoir une tête relativement lourde par rapport au poids total de la vis permet de déplacer le centre de gravité des vis vers ladite tête, ce qui permet d'augmenter la capacité d'équilibrage des vis.

- De manière plus générale, on peut utiliser des vis d'équilibrage avec des têtes de vis plus ou moins grandes pour compenser la longueur du corps de vis. Ainsi, lorsque l'espace est limité dans la virole et que par conséquent, la taille des corps de vis est limitée, on peut compenser la taille du corps des vis par celle des têtes de vis.

On peut envisager que toutes les vis d'équilibrage de la première sorte soit identiques entre elles de façon à simplifier la fabrication du dispositif d'équilibrage.

Pour les mêmes raisons, on peut également envisager que toutes les vis d'équilibrage de la deuxième sorte soient identiques entre elles de façon à simplifier la fabrication du dispositif.

Dans ce cas, lorsque l'utilisation de deux groupes de vis d'équilibrage identiques à l'intérieur de chacun des groupes n'est pas suffisante pour compenser le balourd de la machine tournante, le dispositif d'équilibrage peut également comporter des vis d'équilibrage intermédiaires, chaque vis intermédiaire présentant une masse comprise entre la masse d'une des vis de la première sorte et la masse d'une des vis de la deuxième sorte. Ces vis d'équilibrages intermédiaires permettent de respecter tous les critères d'équilibrage et de réaliser des nuances dans l'équilibrage.

Les vis d'équilibrage intermédiaires peuvent par exemple être :

- des vis réalisées dans le même matériau et qui présentent les mêmes dimensions extérieures que les vis d'équilibrage de la première sorte, mais qui ne comportent pas d'évidement additionnel au-delà de leur empreinte de serrage ;
- des vis qui présentent des dimensions égales à celles des vis de la première sorte mais qui sont réalisées dans un matériau dont la masse volumique est supérieure à celle du matériau des vis de la première sorte ;
- des vis qui sont réalisées dans le même matériau que les vis de la première sorte mais qui présentent des dimensions inférieures...

On peut notamment faire varier les dimensions des têtes des vis de façon à équilibrer la pièce tournante.

Un troisième aspect de l'invention concerne un capot d'entrée de turbomachine comportant un dispositif d'équilibrage selon le deuxième aspect de l'invention.

Un quatrième aspect de l'invention concerne une turbomachine comportant un dispositif d'équilibrage selon le deuxième aspect de l'invention.

Un cinquième aspect de l'invention concerne un procédé d'équilibrage d'une pièce tournante de turbomachine pourvue d'un dispositif d'équilibrage selon le deuxième aspect de l'invention, le procédé comportant une étape d'ajustement de la profondeur de l'évidement des têtes de vis de façon à équilibrer la pièce tournante.

5 Avantageusement, le procédé d'équilibrage comporte en outre une étape d'ajustement d'un ou plusieurs des paramètres suivants pour équilibrer la pièce tournante :

- les dimensions extérieures de chacune des têtes de vis;
- la forme des têtes de vis ;
- 10 - le matériau des vis d'équilibrage.

Le procédé peut également comporter les étapes suivantes :

- Une étape d'insertion des vis d'équilibrage de la première sorte dans chaque orifice de la virole;
 - Une étape de mise en rotation de la pièce tournante de façon à détecter
15 la présence d'un balourd ;
 - en cas de détection d'un balourd, une étape de remplacement de certaines des vis d'équilibrage de la première sorte par des vis d'équilibrage d'une deuxième sorte et/ou des vis d'équilibrage intermédiaires de façon à compenser le balourd.
- 20 Pour cela, le procédé peut comporter une étape d'ajustement de la masse des têtes de vis de la deuxième sorte et/ou des vis d'équilibrage intermédiaires afin de compenser le balourd de la pièce tournante.

La masse d'une tête des vis peut être ajustée notamment:

- en réalisant un évidement plus ou moins profond dans ladite tête;
- 25 - en augmentant les dimensions extérieures de ladite tête, et notamment sa hauteur ;

- en modifiant la forme de ladite tête. Ainsi, à encombrement équivalent, une tête de vis cylindrique aura une masse plus importante qu'une tête de vis hexagonale;
 - en modifiant le matériau de ladite tête.
- 5 La variation de la masse de chaque tête peut donc être utilisée pour compenser des variations de la masse du corps de vis. En effet, la masse du corps des vis est contrainte par l'espace disponible à l'intérieur de la virole. On peut donc utiliser les têtes de vis pour avoir plus de possibilités pour équilibrer la machine tournante.

BREVES DESCRIPTION DES FIGURES

- 10 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description détaillée qui suit, en référence aux figures annexées, qui illustrent :
- La figure 1, une vue en coupe d'un capot d'entrée de turbomachine de l'art antérieur ;
 - La figure 2, une vue en perspective d'un capot d'entrée de turbomachine
 - 15 selon un mode de réalisation de l'invention ;
 - La figure 3, une vue en coupe du capot d'entrée de la figure 2 ;
 - La figure 4, une vue en coupe agrandie d'une partie du capot d'entrée de la figure 2 ;
 - La figure 5, une autre vue en coupe d'une partie du capot d'entrée de la figure
 - 20 2 ;
 - La figure 6, une autre vue en coupe d'une autre partie du capot d'entrée de la figure 2 ;
 - La figure 7, une vue en coupe d'une des vis du capot d'entrée de la figure 2 ;
 - La figure 8, une vue en coupe d'une autre vis du capot d'entrée de la figure 2.

25

Pour plus de clarté, les éléments identiques ou similaires sont repérés par des signes de références identiques sur l'ensemble des figures.

DESCRIPTION DETAILLEE D'AU MOINS UN MODE DE REALISATION

- Les figures 2 et 4 à 6 représentent un capot d'entrée 20 de turbomachine comportant
- 30 un dispositif d'équilibrage selon un mode de réalisation de l'invention.

Ce capot d'entrée 20 comporte un cône 21 pourvu d'un dispositif d'équilibrage 22. Le dispositif d'équilibrage 22 comporte une virole 23. La virole 23 présente dans ce cas une forme conique. Dans ce mode de réalisation, la virole 23 est formée par une partie arrière du cône 21. Toutefois, dans le mode de réalisation de la figure 3, la
5 virole 23 est formée par une pièce additionnelle 24 qui présente une symétrie de révolution et qui est relié au cône 21.

La virole 23 est percée par des orifices 25 qui sont répartis radialement sur l'ensemble du pourtour de la virole 23. Dans ce mode de réalisation, la virole 23 est percée par vingt orifices 25. Toutefois le nombre d'orifices dépend notamment du
10 diamètre de la virole 23 et de la précision voulue pour l'équilibrage.

Le dispositif d'équilibrage comporte également des écrous 26, chaque écrou 26 étant serti dans un des orifices 25. Les écrous 26 sertis sont aptes à recevoir des vis dites d'équilibrage 27, 27' de façon à diminuer voir supprimer le balourd de la turbomachine.

15 Pour cela, des vis d'équilibrage 27 d'une première sorte sont tout d'abord insérées dans chacun des orifices 25 et vissées dans chacun des écrous.

La turbomachine est ensuite mise en rotation de façon à détecter la présence d'un éventuel balourd.

Si un balourd est détecté, certaines vis de la première sorte 27 sont alors
20 remplacées par des vis d'équilibrage d'une deuxième sorte 27' de façon à diminuer le balourd. Les vis d'équilibrage de la première sorte 27 et de la deuxième sorte 27' sont réparties radialement autour de la virole de façon à diminuer le balourd de la turbomachine. Dans cet exemple de réalisation cinq vis de la première sorte 27 ont été remplacées par cinq vis de la deuxième sorte 27', toutefois, la répartition radiale
25 et le nombre respectif des vis de la première sorte et de la deuxième sorte dépendent du balourd.

Les vis d'équilibrage dans la deuxième sorte 27' présentent une masse supérieure à celle des vis de la première sorte 27.

Une vis de la première sorte 27 est représentée plus précisément sur la figure 7.

La vis d'équilibrage de la première sorte 27 s'étend suivant un axe de référence 31. La vis d'équilibrage de la première sorte 27 est de préférence réalisée en titane. La vis d'équilibrage de la première sorte 27 comporte une tête 29 et un corps 30. Le corps 30 de la vis d'équilibrage de la première sorte 27 comporte sur sa surface

5 extérieure un filetage 35 permettant de visser la vis d'équilibrage de la première sorte 27 dans l'écrou 26. Le corps 30 de la vis de la première sorte 30 présente une longueur l1 suffisante pour pouvoir être entièrement vissé dans l'écrou 26. Toutefois, la longueur l1 est de préférence choisie de façon à ce que le corps 30 ne dépasse pas trop de l'écrou 26 de façon à ne pas trop alourdir la turbomachine. La tête 29 de

10 la vis de la première sorte est percée par un évidement 32. L'évidement 32 est formé par une empreinte de serrage 33 et par un évidement additionnel 34 situé dans le prolongement axial de l'empreinte de serrage 33. L'empreinte de serrage 33 présente un fond 40 qui est percé par l'évidement additionnel 34. L'empreinte de serrage 33 est apte à recevoir une clé de serrage permettant de visser la vis dans

15 l'écrou 26 correspondant. Pour cela, l'empreinte de serrage 33 présente de préférence une section hexagonale. L'évidement additionnel 34 présente de préférence une forme cylindrique de façon à faciliter son usinage. Par ailleurs, il présente de préférence des dimensions transversales par rapport à l'axe de référence 31 inférieures à celles de l'empreinte de serrage 33 de sorte qu'une clé de

20 serrage insérée dans l'empreinte de serrage 33 vienne en butée contre le fond 40, à la limite entre l'empreinte de serrage 33 et l'évidement additionnel 34. La profondeur p1 de l'évidement 32 est ajustée en fonction de la masse voulue pour la vis et plus précisément pour la tête de cette vis. De la même manière, les dimensions transversales de l'évidement additionnel peuvent être ajustées en fonction de la

25 masse voulue pour la vis et plus précisément pour la tête de la vis. La tête 29 est de préférence cylindrique pour faciliter sa fabrication.

Les dimensions des vis de la première sorte 27 peuvent être modifiées en fonction de la masse qu'elles doivent avoir pour équilibrer la turbomachine. Ainsi, on peut tout d'abord modifier la longueur l1 du corps 30 des vis de la première sorte 27. On peut

30 également modifier la masse de la tête 29 pour obtenir l'équilibrage voulu. Pour cela, on peut notamment modifier les dimensions de la tête 29, et notamment sa hauteur l3. On peut également modifier la profondeur p1 de l'évidement 32, ainsi que sa forme. On peut également envisager de modifier la forme de la tête 29.

Une vis de la deuxième sorte 27' est représentée plus précisément sur la figure 8.

Les vis d'équilibrage de la deuxième sorte 27' sont substituées à certaines des vis d'équilibrage de la première sorte 27 de façon à diminuer le balourd de la turbomachine.

- 5 La vis d'équilibrage de la deuxième sorte 27' est de préférence réalisée en acier. La vis d'équilibrage de la deuxième sorte 27' s'étend également suivant un axe de référence 31' et elle présente également une tête 29' et un corps 30'. Le corps 30' de la vis d'équilibrage de la deuxième sorte 27' comporte également sur sa surface extérieure un filetage 35' permettant de visser la vis d'équilibrage de la deuxième
- 10 sorte 27' dans l'écrou 26. Le corps 30' présente de préférence une longueur l2 supérieure à la longueur l1 du corps 30 de la vis d'équilibrage de la première sorte 27. La tête 29' est percée par un évidement 32'. L'évidement 32' est formé dans cet exemple de réalisation par une empreinte de serrage 33'. Dans ce mode de réalisation, l'évidement 32' ne se prolonge pas au-delà de l'empreinte de serrage 33'.
- 15 Par conséquent, dans cet exemple, la profondeur p2 de l'évidement 32' correspond à la profondeur de l'empreinte de serrage 33'. La profondeur p2 est donc inférieure à la profondeur p1. L'évidement 32' de la vis d'équilibrage de la deuxième sorte 27' est donc minimal dans ce mode de réalisation de façon à maximiser la masse des têtes et donc la capacité d'équilibrage de la vis. De même, la tête est de préférence
- 20 cylindrique de façon à maximiser sa masse.

- Les dimensions des vis de la deuxième sorte 27' peuvent être modifiées en fonction de la masse qu'elles doivent avoir pour équilibrer la turbomachine. Ainsi, on peut tout d'abord modifier la longueur l2 du corps 30' des vis de la deuxième sorte 27'. Toutefois, cette longueur l2 est limitée par l'espace à l'intérieur de la virole. Par
- 25 conséquent, il est avantageux de modifier la masse de la tête 29' pour obtenir l'équilibrage voulu. Pour cela, on peut notamment modifier les dimensions de la tête 29', et notamment sa hauteur l4. On peut également modifier la profondeur p2 de l'évidement, ainsi que sa forme. On peut également envisager de modifier la forme de la tête 29'.

- 30 Par ailleurs, dans cet exemple de réalisation, toutes les vis d'équilibrage de la première sorte 27 étaient identiques entre elles, de même que toutes les vis

d'équilibrage de la deuxième sorte 27' étant identiques entre elles. Toutefois, on pourrait également envisager d'utiliser des vis d'équilibrage de la première sorte 27 différentes entre elles et/ou des vis d'équilibrage de la deuxième sorte 27' différentes entre elles.

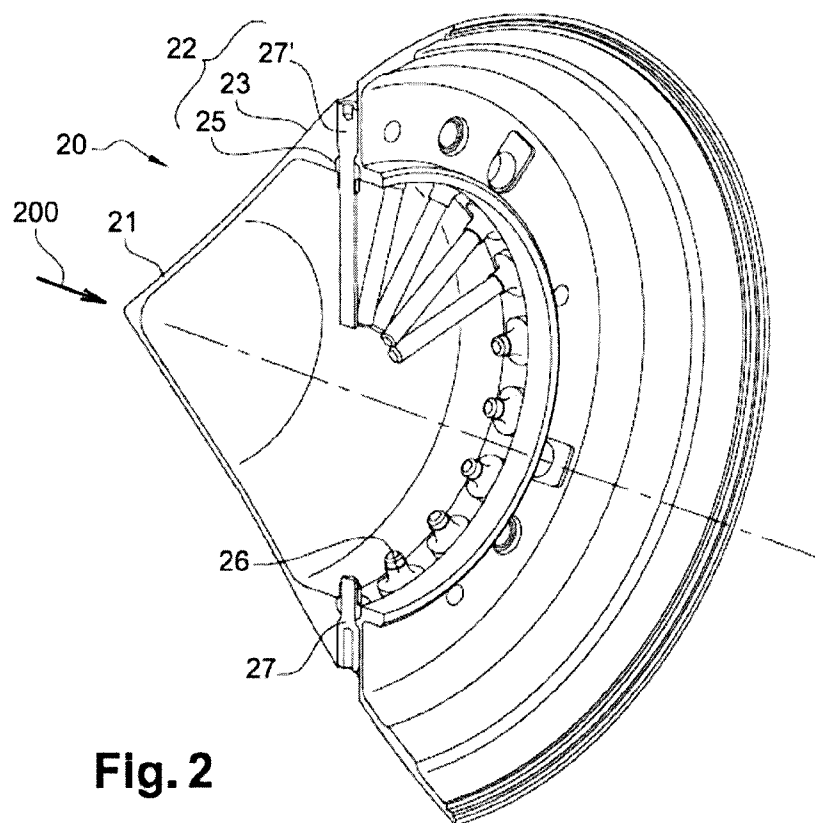
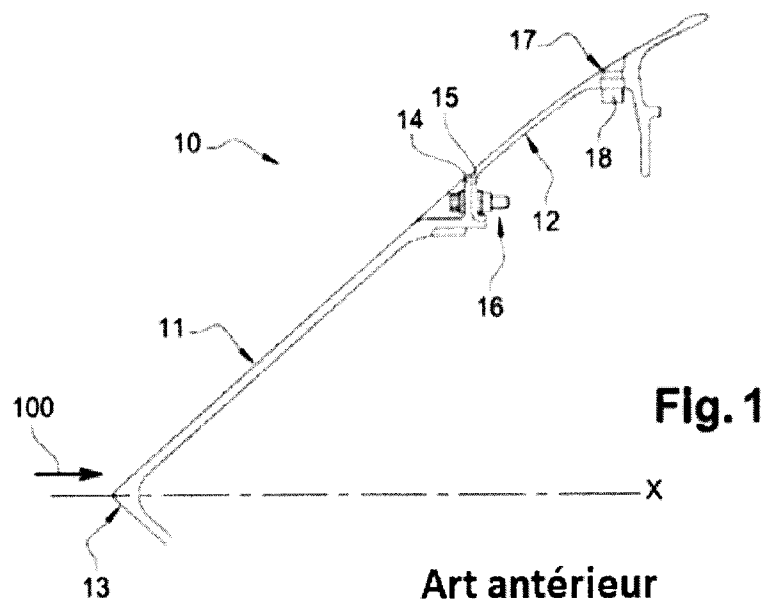
- 5 Par ailleurs, si l'utilisation de deux sortes de vis n'est pas suffisante pour équilibrer le balourd de la turbomachine, et en fonction de la précision voulue pour l'équilibrage, on peut utiliser des vis intermédiaires, présentant une masse comprise entre les vis de la première sorte 27 et les vis de la deuxième sorte 27'.

- 10 Naturellement, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits en référence aux figures et des variantes peuvent être envisagées sans sortir du cadre de l'invention. On peut ainsi modifier la répartition radiale des vis en fonction du balourd à équilibrer. On peut également utiliser d'autres matériaux pour réaliser les vis d'équilibrage.

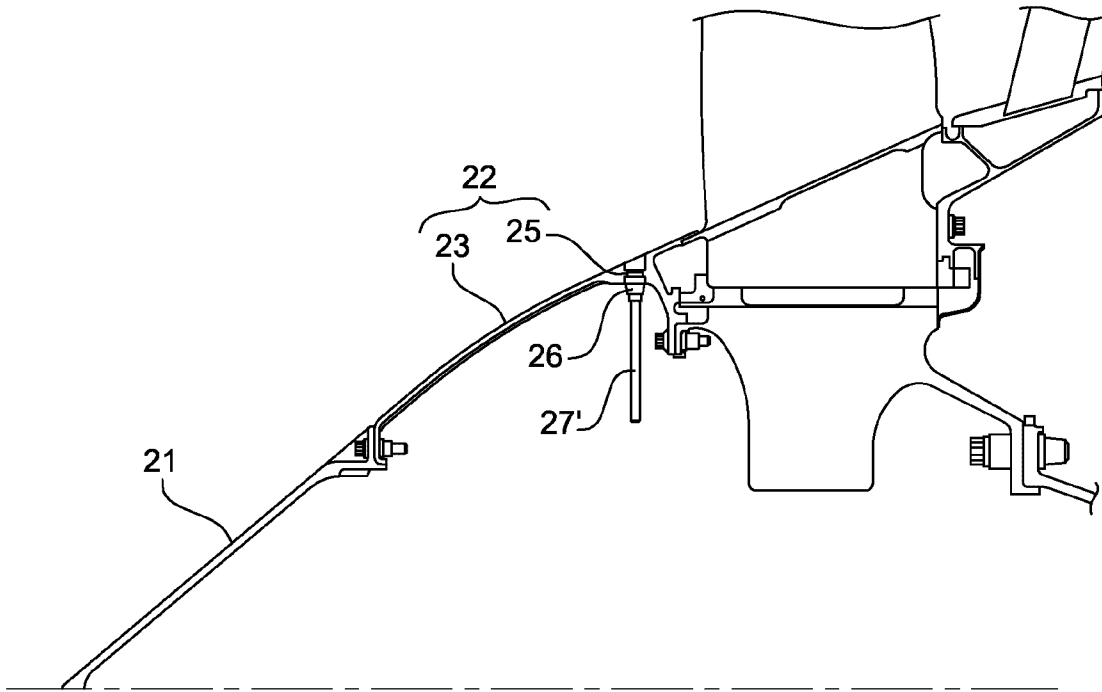
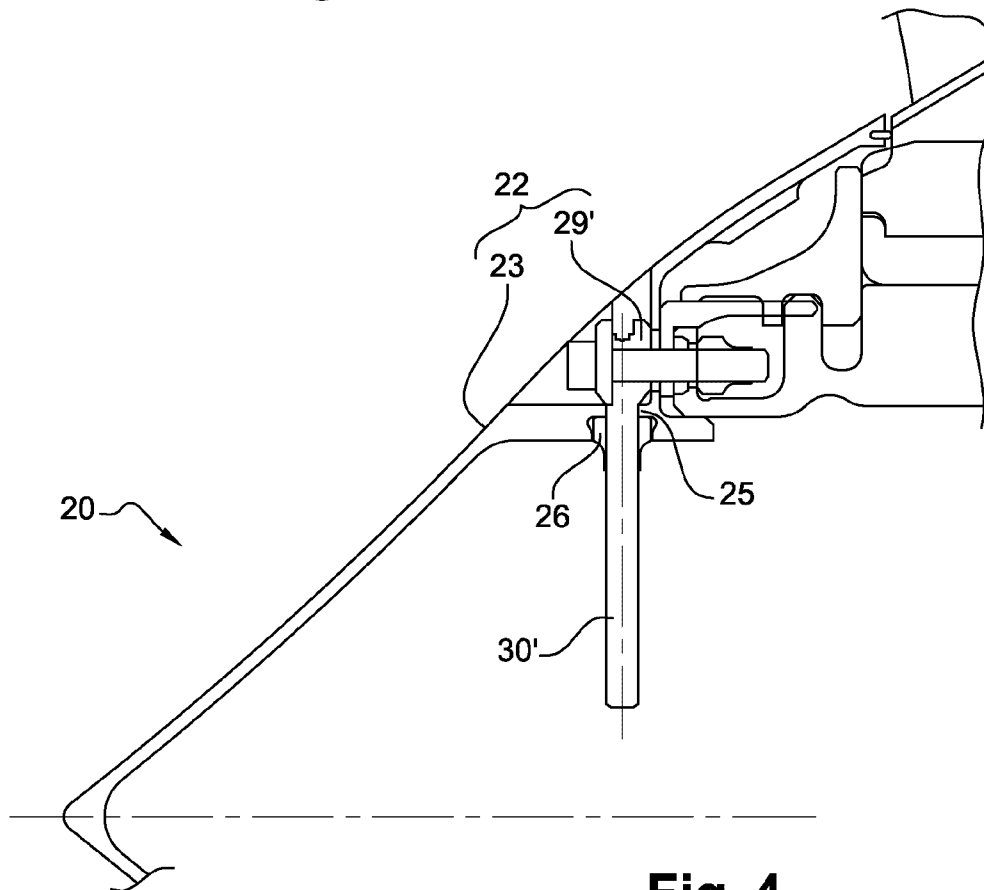
REVENDICATIONS

1. Dispositif d'équilibrage pour une pièce tournante de turbomachine, comportant
5 une virole percée par une pluralité d'orifices, chaque orifice étant traversé par une vis d'équilibrage, la vis d'équilibrage comportant un corps et une tête, la tête étant percée par un évidement, dans lequel l'évidement est formé par une empreinte de serrage et par un évidement additionnel, l'empreinte de serrage présentant un fond, le fond de l'empreinte de serrage étant percé par
10 l'évidement additionnel, et dans lequel les vis d'équilibrage sont d'au moins une première et une deuxième sorte, l'évidement des vis de la première sorte présentant une profondeur p_1 , l'évidement des vis de la deuxième sorte présentant une profondeur p_2 , p_2 étant strictement inférieur à p_1 , les vis d'équilibrage de la deuxième sorte et de la première sorte étant réparties
15 radialement autour de la virole de façon à équilibrer la pièce tournante.
2. Dispositif d'équilibrage selon la revendication 1, dans lequel :
- les vis d'équilibrage de la première sorte sont réalisées dans un matériau présentant une première masse volumique m_1 ,
 - les vis d'équilibrage de la deuxième sorte étant réalisées dans un
20 matériau présentant une deuxième masse volumique m_2 , m_2 étant strictement supérieur à m_1 .
3. Dispositif d'équilibrage selon la revendication 2, dans lequel :
- les vis d'équilibrage de la première sorte sont réalisées en titane;
 - les vis d'équilibrage de la deuxième sorte sont réalisées en acier.
25
4. Dispositif d'équilibrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel :
- les vis de la première sorte présentent une longueur l_1 ;
 - les vis de la deuxième sorte présentent une longueur l_2 , $l_2 > l_1$.
30

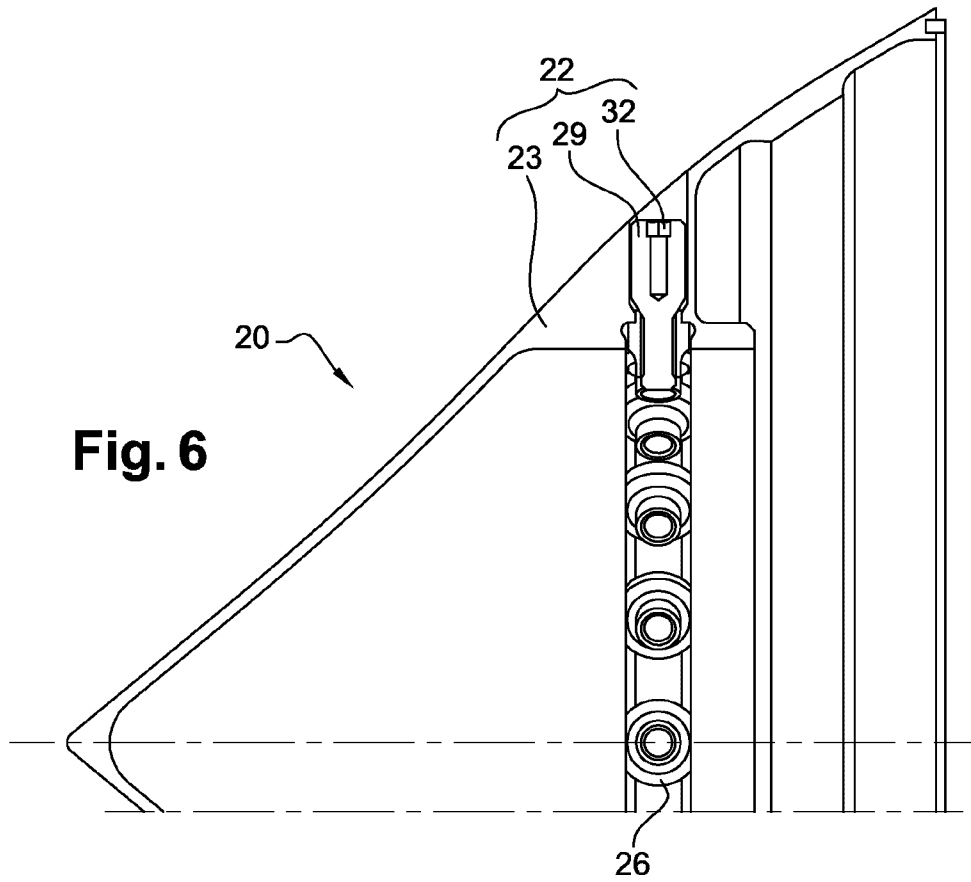
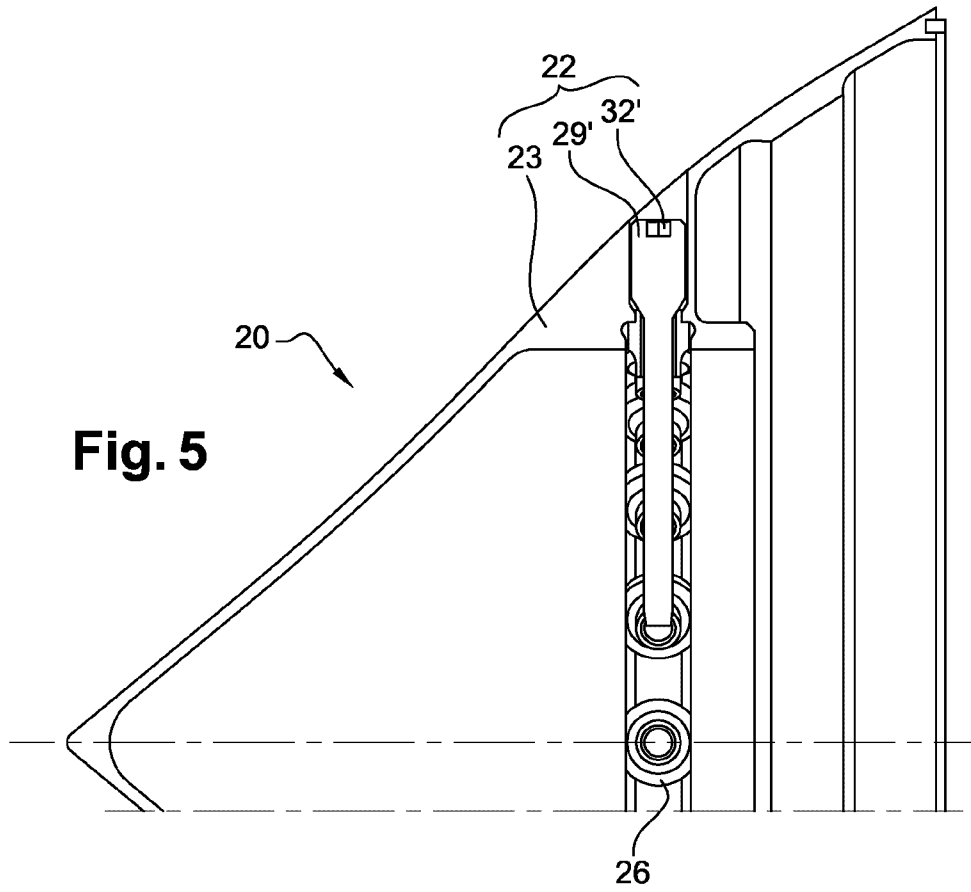
5. Dispositif d'équilibrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel les vis d'équilibrage présentent des têtes de vis cylindriques.
6. Dispositif d'équilibrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel :
 - 5 - la tête de chaque vis d'équilibrage de la première sorte présente une masse au moins égale à 60 % de la masse totale de ladite vis d'équilibrage ; et/ou
 - la tête de chaque vis d'équilibrage de la deuxième sorte présente une masse au moins égale à 40 % de la masse totale de ladite vis d'équilibrage.
- 10 7. Dispositif d'équilibrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comportant en outre des vis d'équilibrage additionnelles, chaque vis additionnelle présentant une masse comprise entre la masse d'une des vis de la première sorte et la masse d'une des vis de la deuxième sorte.
8. Procédé d'équilibrage d'une pièce tournante de turbomachine pourvue d'un
 - 15 dispositif d'équilibrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, le procédé comportant une étape d'ajustement de la profondeur de l'évidement de façon à équilibrer la pièce tournante.
9. Procédé d'équilibrage selon la revendication 8, comportant en outre une étape
 - 20 d'ajustement d'un ou plusieurs des paramètres suivants pour équilibrer la pièce tournante :
 - les dimensions extérieures de chacune des têtes ;
 - la forme des têtes de vis ; et
 - le matériau des vis d'équilibrage.



2 / 4

**Fig. 3****Fig. 4**

3 / 4



4 / 4

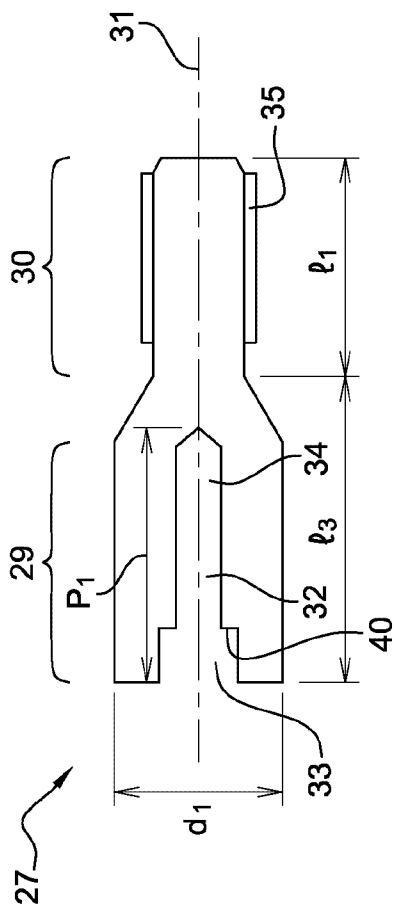


Fig. 7

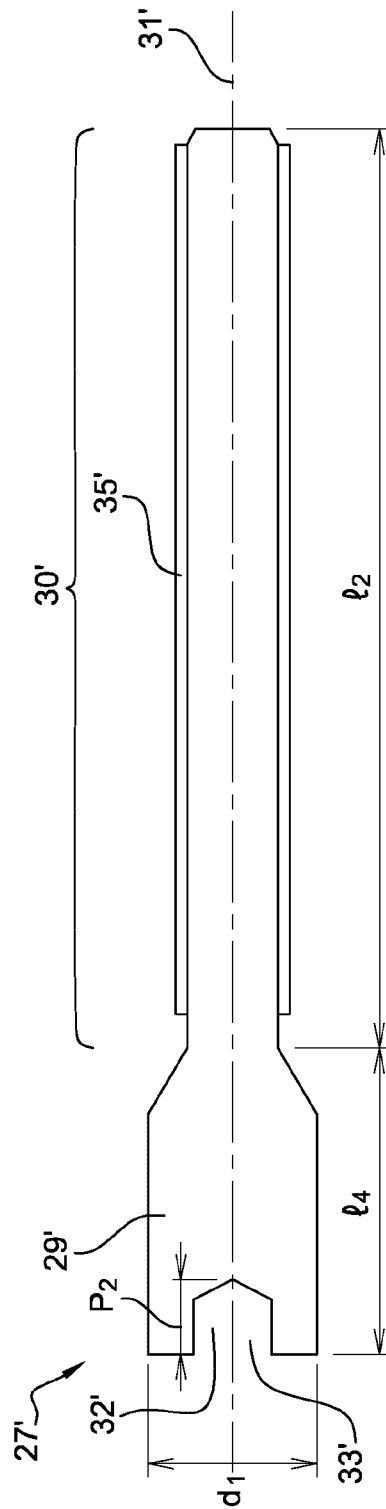


Fig. 8

