



(43) Date de la publication internationale
3 août 2017 (03.08.2017)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/129892 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01M 15/14 (2006.01) **F04D 29/26** (2006.01)
F04D 29/051 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2017/050149

(22) Date de dépôt international :
24 janvier 2017 (24.01.2017)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1650658 27 janvier 2016 (27.01.2016) FR

(71) Déposant : **SAFRAN AIRCRAFT ENGINES** [FR/FR]; 2
boulevard du Général Martial Valin, 75015 PARIS (FR).

(72) Inventeurs : **DELMOTTE, Aurélien, Gaëtan**; c/o SA-
FRAN AIRCRAFT ENGINES PI (AJI), Rond-Point René
Ravaud - Réaud, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).
CRETI, Joël, Maurice; c/o SAFRAN AIRCRAFT EN-
GINES PI (AJI), Rond-Point René Ravaud - Réau, 77550
MOISSY-CRAMAYEL (FR). **DOUBLET, Laurent,**
Jacques, Roger, Jean; c/o SAFRAN AIRCRAFT EN-
GINES PI (AJI), Rond-Point René Ravaud - Réau, 77550
MOISSY-CRAMAYEL (FR).

(74) Mandataire : **GUERRE, Fabien**; BREVALEX, 95, rue
d'Amsterdam, 75378 PARIS CEDEX 8 (FR).

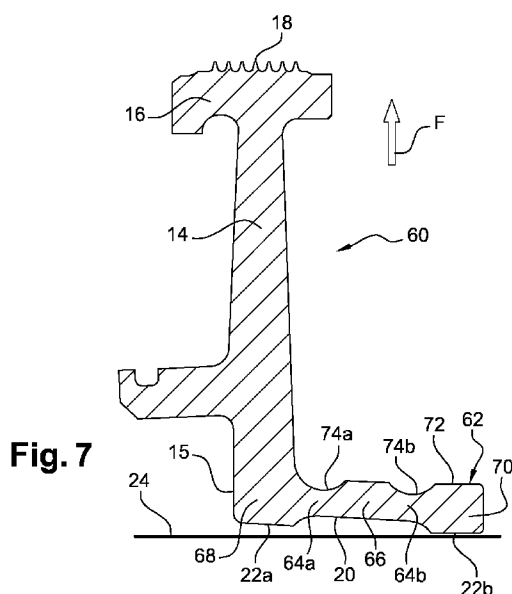
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, 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, ST, 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).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : REVOLVING PART FOR A TURBINE TEST BENCH OR FOR A TURBOMACHINE, TURBINE TEST BENCH
COMPRISING SAID PART, AND METHOD FOR THE USE OF THESE

(54) Titre : PIÈCE DE RÉVOLUTION POUR BANC D'ESSAI DE TURBINE OU POUR TURBOMACHINE, BANC D'ESSAIS
DE TURBINES COMPRENANT LADITE PIÈCE, ET PROCÉDÉ LES UTILISANT



(57) Abstract : The invention relates to a revolving part (60) intended to be rotated, comprising a hub (62) intended to be tightly adjusted on a rotary shaft (24), and a body (14) extending radially outwards from an axial end of the hub. In order to increase the critical speed up to which the tightening can be retained, the hub (62) comprises three relatively thick annular regions (68, 66, 70) separated from one another by two relatively thin annular regions (64a, 64b), in such a way that when the revolving part is subject to a centrifugal force (F), the two relatively thin annular regions (64a, 64b) form privileged deformation zones acting as a double pivot. Such a part can advantageously be used as a piston for balancing in a turbine test bench or in a turbomachine.

(57) Abrégé : Il est proposé une pièce de révolution (60), destinée à être mise en rotation, comprenant un moyeu (62) destiné à être ajusté serré sur un arbre rotatif (24), et un corps (14) s'étendant radialement vers l'extérieur à partir d'une extrémité axiale du moyeu. Afin d'accroître la vitesse critique jusqu'à laquelle le serrage peut être conservé, le moyeu (62) comporte

[Suite sur la page suivante]



Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**Publiée :**

— *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii))* — *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

trois régions annulaires relativement épaisses (68, 66, 70) séparées les unes des autres par deux régions annulaires relativement minces (64a, 64b), de sorte que lorsque la pièce de révolution est soumise à une force centrifuge (F), les deux régions annulaires relativement minces (64a, 64b) forment des zones de déformation privilégiée se comportant comme un double pivot. Une telle pièce peut être utilisée avantageusement en tant que piston d'équilibrage dans un banc d'essais de turbines ou dans une turbomachine.

**PIÈCE DE RÉVOLUTION POUR BANC D'ESSAI DE TURBINE OU POUR TURBOMACHINE,
BANC D'ESSAIS DE TURBINES COMPRENANT LADITE PIÈCE, ET PROCÉDÉ LES UTILISANT**

DESCRIPTION

5 **DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention concerne une pièce de révolution pour banc d'essai de turbine ou pour turbomachine destinée à être mise en rotation, en particulier à des vitesses angulaires susceptibles d'induire une déformation significative de la pièce, et comprenant un moyeu destiné à être ajusté serré sur un arbre rotatif, et un corps
10 s'étendant radialement vers l'extérieur à partir du moyeu.

L'invention concerne également un banc d'essais pour turbine, comprenant une telle pièce de révolution formant un piston d'équilibrage, c'est-à-dire une pièce destinée à être soumise à la pression d'un fluide pressurisé pour appliquer une charge axiale à une turbine à tester.

15 Elle concerne enfin un procédé de test d'une turbine, telle qu'une turbine pour turbomachine d'aéronef, au moyen d'un tel banc d'essais.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

D'une manière générale, une pièce de révolution du type décrit ci-dessus, qui subit un mouvement de rotation rapide, a tendance à se déformer d'une
20 manière telle que le corps de la pièce s'écarte radialement vers l'extérieur par rapport à l'axe de la pièce et entraîne avec lui une partie du moyeu, provoquant de ce fait un desserrage non souhaitable de la pièce par rapport à l'arbre rotatif.

Ce problème concerne par exemple les pistons d'équilibrage utilisés dans les bancs d'essais de turbines, ou dans d'autres types de machines tournantes, par
25 exemple dans les turbomachines.

Cette problématique est illustrée par les figures 1 à 3.

La figure 1 illustre un tel piston d'équilibrage au sein d'un banc d'essais de turbines 8. Ce piston d'équilibrage prend la forme d'une pièce de révolution 10

comprenant un moyeu 12, un corps 14 s'étendant radialement vers l'extérieur à partir du moyeu 12, par exemple depuis une extrémité axiale 15 du moyeu, et une tête 16 formée à l'extrémité radialement externe du corps 14 et présentant des lèvres d'étanchéité 18, parfois dénommées « léchettes ».

5 Le moyeu présente une face radialement interne 19 comportant une rainure annulaire 20 et deux portées cylindriques 22a, 22b séparées l'une de l'autre par la rainure annulaire 20 et ajustées serrées sur un arbre de rotor 24 du banc, typiquement par frettage. Cet arbre de rotor 24 est destiné à être raccordé à un arbre de rotor d'une turbine. Les portées cylindriques comprennent une première portée cylindrique 22a
10 située du même côté axial que le corps 14 par rapport à la rainure annulaire 20, et une seconde portée cylindrique 22b située du côté axial opposé.

Les lèvres d'étanchéité 18 de la tête 16 coopèrent avec une piste cylindrique 26 portée par un élément de stator 28 du banc, de manière à former un joint à labyrinthe. Un tel joint d'étanchéité est destiné en fonctionnement à confiner un gaz
15 pressurisé d'un côté du piston d'équilibrage 10, de sorte que celui-ci puisse convertir la pression du gaz en une charge axiale contre la turbine. D'autres types de joints d'étanchéité rotatifs peuvent être utilisés en variante, tels que des joints à brosse ou des joints à revêtement abradable.

La figure 2 illustre la pièce de révolution 10 en fonctionnement. Du fait
20 de sa rotation à vitesse élevée, la pièce se déforme par effet centrifuge. Plus précisément, le corps 14 de la pièce s'écarte radialement vers l'extérieur et entraîne avec lui la première portée cylindrique 22a, et de proche en proche, l'ensemble du moyeu et donc en particulier la seconde portée cylindrique 22b, induisant ainsi un jeu entre chacune des deux portées cylindriques 22a, 22b et l'arbre de rotor 24. La déformation de la pièce de
25 révolution 10 induit en outre une inclinaison de la tête 16, de nature à compromettre l'étanchéité du joint tournant.

Il en résulte donc un risque de désolidarisation de la pièce de révolution 10 et de l'arbre de rotor 24, illustré par la figure 3 qui est un graphe ayant pour abscisse la
vitesse de rotation de l'arbre de rotor 24 en tours par minute, et en ordonnée le jeu vis-à-
30 vis de l'arbre de rotor 24 en millimètres. Ce graphe comporte :

- une première courbe C1 concernant une première extrémité axiale 30a (figure 2a) de la zone de contact 32 entre la première portée cylindrique 22a et l'arbre de rotor 24, la première extrémité axiale 30a étant située du côté opposé à la seconde portée cylindrique 22b,

5 - une deuxième courbe C2 concernant une seconde extrémité axiale 30b (figure 2a) de la zone de contact 32 entre la première portée cylindrique 22a et l'arbre de rotor 24, la seconde extrémité axiale 30b étant située du côté de la seconde portée cylindrique 22b,

10 - une troisième courbe C3 concernant une première extrémité axiale 34a (figure 2a) de la zone de contact 36 entre la seconde portée cylindrique 22b et l'arbre de rotor 24, la première extrémité axiale 34a étant située du côté de la première portée cylindrique 22a,

 - une quatrième courbe C4 concernant une seconde extrémité axiale 34b (figure 2a) de la zone de contact 36 entre la seconde portée cylindrique 22b et l'arbre de rotor 24, la seconde extrémité axiale 34b étant située du côté opposé à la première portée cylindrique 22a.

15 Sur ce graphe, la ligne horizontale L1 ayant pour ordonnée 0.016 mm symbolise le jeu maximal au-delà duquel le serrage (ou frettage) est considéré comme perdu pour la zone concernée.

 Ainsi, le point P1, commun aux courbes C1 et C2, correspond à la perte du serrage de la première portée cylindrique 22a lorsque la vitesse de rotation atteint
20 9200 tours par minute. Le point P2 correspond au début d'une perte de serrage partielle de la seconde portée cylindrique 22b, lorsque la vitesse de rotation atteint 11100 tours par minute, tandis que le point P3 correspond à la perte totale du serrage de la seconde portée cylindrique 22b, lorsque la vitesse de rotation atteint une vitesse critique de 11600 tours par minute.

25 Une telle vitesse critique se révèle insuffisante pour le test des turbines de certains moteurs d'aéronefs, notamment dans le cas de turbopropulseurs de taille relativement réduite, dont le régime de fonctionnement nominal peut dépasser les 18000 tours par minute, tandis que le régime de survitesse maximal, auquel il est également nécessaire de tester la turbine, dépasse les 30000 tours par minute.

Or, une perte de serrage du piston d'équilibrage en fonctionnement risque d'occasionner un balourd ou des vibrations néfastes, de nature à compromettre les possibilités d'atteindre le régime souhaité.

Il existe donc un besoin pour une pièce de révolution capable de
5 conserver son serrage sur un arbre rotatif à des vitesses plus élevées que dans le cas des pièces de révolution de l'art antérieur.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a notamment pour but d'apporter une solution simple, économique et efficace à ce problème.

10 Elle propose à cet effet une pièce de révolution, notamment pour banc d'essai de turbines ou pour turbomachine, destinée à être mise en rotation, et comprenant un moyeu destiné à être ajusté serré sur un arbre rotatif, et un corps s'étendant radialement vers l'extérieur à partir d'une extrémité axiale du moyeu.

Selon l'invention, le moyeu comporte cinq régions annulaires se
15 succédant axialement à partir de l'extrémité axiale du moyeu, à savoir, dans l'ordre, une première région annulaire s'étendant dans le prolongement du corps, une deuxième région annulaire, une troisième région annulaire, une quatrième région annulaire, et une cinquième région annulaire, la deuxième région annulaire et la quatrième région annulaire présentant une épaisseur inférieure à une épaisseur des troisième et cinquième
20 régions annulaires, de sorte que lorsque la pièce de révolution est soumise à une force centrifuge, les deuxième et quatrième régions annulaires forment des zones de déformation privilégiée se comportant comme un double pivot.

La conformation du moyeu permet ainsi de favoriser un découplage des déformations respectives de la cinquième région annulaire et du corps de la pièce,
25 induites par la force centrifuge, ce qui permet en particulier de conserver le serrage de la cinquième région annulaire à des vitesses considérablement supérieures aux vitesses critiques des pièces de révolution de l'art antérieur.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, la pièce de révolution comprend en outre une tête formée à une extrémité radialement externe du

corps de la pièce de révolution et présentant des premiers moyens d'étanchéité formant une partie d'un joint d'étanchéité rotatif.

La pièce de révolution peut ainsi constituer un piston d'équilibrage ou tout autre type de pièce faisant partie d'un joint d'étanchéité rotatif.

5 Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, le moyeu présente une face radialement interne comportant une rainure annulaire, et deux portées cylindriques séparées l'une de l'autre par la rainure annulaire et s'étendant respectivement en regard des première et cinquième régions annulaires.

10 De plus, la rainure annulaire s'étend de préférence en regard des deuxième, troisième et quatrième régions annulaires.

Le moyeu présente avantageusement une face radialement externe comportant deux gorges annulaires qui délimitent respectivement les deuxième et quatrième régions annulaires.

15 L'invention concerne également un banc d'essais pour turbine, comprenant un arbre de rotor destiné à supporter le rotor d'une turbine à tester, ainsi qu'une pièce de révolution du type décrit ci-dessus, ajustée serrée sur ledit arbre de rotor et destinée à être soumise à la pression d'un fluide pressurisé pour appliquer une charge axiale à la turbine à tester.

20 Dans cette application particulière, la pièce de révolution constitue ainsi un piston d'équilibrage.

De préférence, la pièce de révolution comprend en outre une tête formée à une extrémité radialement externe du corps de la pièce de révolution et présentant des premiers moyens d'étanchéité, et le banc comprend en outre un élément annulaire par rapport auquel la pièce de révolution est déplaçable en rotation, ledit
25 élément annulaire présentant des seconds moyens d'étanchéité coopérant avec lesdits premiers moyens d'étanchéité pour former un joint d'étanchéité rotatif.

L'invention concerne enfin un procédé de test d'une turbine, telle qu'une turbine pour turbomachine d'aéronef, comprenant au moins des étapes consistant à monter la turbine dans un banc d'essais du type décrit ci-dessus, en
30 particulier raccorder un rotor de la turbine à l'arbre de rotor du banc d'essais, puis mettre

en rotation le rotor de la turbine, et provoquer ainsi une mise en rotation de la pièce de révolution, tout en appliquant un gaz pressurisé sur un côté du corps de la pièce de révolution opposé à la turbine de sorte que la pièce de révolution applique une charge axiale à la turbine. Selon ce procédé, le corps de la pièce de révolution s'écarte radialement vers l'extérieur sous l'effet d'une force centrifuge induite par la rotation de la pièce de révolution, tandis que les deuxième et quatrième régions annulaires du moyeu de la pièce de révolution se déforment comme un double pivot.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'invention sera mieux comprise, et d'autres détails, avantages et caractéristiques de celle-ci apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, est une demi-vue schématique partielle en coupe axiale et en perspective d'un banc d'essai de turbine comprenant un piston d'équilibrage constitué d'une pièce de révolution d'un type connu comprenant un moyeu ajusté serré sur un arbre de rotor ;
- la figure 2, déjà décrite, est une demi-vue schématique en coupe axiale de la pièce de révolution du banc de la figure 1, déformée par effet centrifuge ;
- la figure 2a, déjà décrite, est une vue à plus grande échelle d'une partie de la figure 2, illustrant le moyeu de la pièce de révolution ;
- la figure 3, déjà décrite, est un graphe illustrant l'évolution du jeu entre le moyeu de la pièce de révolution et l'arbre de rotor du banc de la figure 1, en fonction de la vitesse de rotation de l'arbre de rotor ;
- la figure 4 est une demi-vue schématique partielle en coupe axiale et en perspective d'un banc d'essai comprenant un piston d'équilibrage constitué d'une pièce de révolution selon un mode de réalisation préféré de l'invention, comprenant un moyeu ajusté serré sur un arbre de rotor ;
- la figure 5 est une vue à plus grande échelle d'une partie de la figure 4, illustrant la pièce de révolution et l'arbre de rotor du banc d'essais de la figure 4 ;

- la figure 6 est un schéma de principe illustrant le comportement mécanique de la pièce de révolution de la figure 5 ;
- la figure 7 est une demi-vue schématique en coupe axiale de la pièce de révolution de la figure 5, déformée par effet centrifuge ;
- 5 – la figure 7a est une vue à plus grande échelle d'une partie de la figure 7, illustrant le moyeu de la pièce de révolution de la figure 5 ;
- la figure 7b est une vue à plus grande échelle d'une autre partie de la figure 7, illustrant une tête de la pièce de révolution de la figure 5 ;
- la figure 8 est un graphe illustrant l'évolution du jeu entre le moyeu de la pièce de révolution et l'arbre de rotor du banc de la figure 4, en fonction de la vitesse de rotation de l'arbre de rotor ;
- 10 – la figure 9 est un graphe illustrant la déformation de la tête de la pièce de révolution du banc de la figure 4, en fonction de la vitesse de rotation de l'arbre de rotor.

Dans l'ensemble de ces figures, des références identiques peuvent désigner des éléments identiques ou analogues.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PRÉFÉRÉS

La figure 4 illustre une partie d'un banc d'essai 40 selon un mode de réalisation préféré de l'invention, cette partie étant parfois dénommée « machine d'essai » et comprenant essentiellement une turbine 42 à tester, une volute d'entrée d'air 44, une volute de sortie d'air 46, une ligne d'arbres 47 et un dispositif de support 48 associé comprenant notamment un ensemble de paliers pour supporter le rotor et le stator de la turbine 42, ainsi que des moyens de mesure 50. La ligne d'arbre comporte en particulier un arbre de rotor 24 (figure 5). Sur la figure 4, les flèches 52 illustrent le trajet de l'air au sein de la machine d'essai en fonctionnement.

Le dispositif de support 48 comporte en particulier un piston d'équilibrage formé d'une pièce de révolution 60 (figure 5) selon un mode de réalisation préféré de l'invention. La pièce de révolution 60 est globalement semblable à la pièce de révolution 10 de type connu des figures 1 et 2, mais elle s'en distingue principalement du fait que le moyeu 62 comporte cinq régions annulaires se succédant axialement à partir

de l'extrémité axiale 15 du moyeu 62, à savoir, dans l'ordre (de la gauche vers la droite sur la figure 5) : une première région annulaire 68 s'étendant dans le prolongement du corps 14, une deuxième région annulaire 64a, une troisième région annulaire 66, une quatrième région annulaire 64b, et une cinquième région annulaire 70, telles que la deuxième région annulaire 64a et la quatrième région annulaire 64b présentent des épaisseurs respectives $W2$ inférieures à une épaisseur $W3$ de la troisième région annulaire 66 et une épaisseur $W5$ de la cinquième région annulaire 70.

D'une manière générale, le moyeu 62 est ajusté serré sur l'arbre de rotor 24, de préférence par frettage. A cet effet, le moyeu présente, d'une manière connue en soi, une face radialement interne 19 comportant une rainure annulaire 20 et deux portées cylindriques 22a, 22b séparées l'une de l'autre par la rainure annulaire 20 et ajustées serrées sur l'arbre de rotor 24. Une première 22a des portées cylindriques s'étend axialement au niveau de la première région annulaire 68, tandis que la seconde portée cylindrique 22b s'étend axialement au niveau de la cinquième région annulaire 70.

Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, la rainure annulaire 20 s'étend en regard de la troisième région annulaire et en regard des deuxième et quatrième régions annulaires 64a, 64b. L'épaisseur $W3$ de la troisième région annulaire 66 est ainsi supérieure à l'épaisseur $W2$ des deuxième et quatrième régions annulaires 64a, 64b tout en étant inférieure à l'épaisseur $W5$ de la cinquième région annulaire 70.

Par ailleurs, dans l'exemple illustré, la cinquième région annulaire 70 forme une extrémité libre du moyeu 62 située du côté opposé au corps 14.

De plus, le moyeu 62 présente une face radialement externe 72 comportant deux gorges annulaires 74a, 74b qui délimitent respectivement les deuxième et quatrième régions annulaires 64a, 64b. Les gorges annulaires 74a, 74b présentent de préférence une section en portion de cercle, mais peuvent en variante, présenter d'autres types de section, par exemple une section en V.

D'une manière générale, les deuxième et quatrième régions annulaires 64a, 64b forment des zones de déformation privilégiée lorsque la pièce de révolution 60 est soumise à une force centrifuge. En particulier, comme l'illustre le

schéma de la figure 6, le comportement des deuxième et quatrième régions annulaires 64a, 64b peut être assimilé à celui d'un double pivot, lorsque l'on considère une demi-vue en section axiale de la pièce de révolution 60.

La conformation du moyeu 62 permet ainsi de favoriser l'indépendance du comportement mécanique de la seconde portée cylindrique 22b par rapport à la première portée cylindrique 22a, vis-vis des déformations de la pièce de révolution 60 lorsque cette dernière est soumise à une force centrifuge. Autrement dit, les déformations de la cinquième région annulaire 70 se trouvent ainsi au moins partiellement décorrélées des déformations du corps 14 et de la première région annulaire 68.

La conformation du moyeu 62 permet ainsi de conserver un niveau de serrage acceptable, à des vitesses de rotation supérieures aux vitesses autorisées par les pièces de révolution de l'art antérieur.

La figure 7 illustre la pièce de révolution 60 en rotation à une vitesse de 20000 tours par minute, et montre que la seconde portée cylindrique 22b (et donc la cinquième région annulaire 70) est toujours serrée sur l'arbre de rotor 24 à cette vitesse (voir aussi la figure 7a), malgré les déformations du corps 14 induites par la force centrifuge F.

Plus précisément, la figure 8 est un graphe ayant pour abscisse la vitesse de rotation de l'arbre de rotor 24 en tours par minute, et en ordonnée le jeu vis-à-vis de l'arbre de rotor 24 en millimètres. Ce graphe comporte :

- une cinquième courbe C5 concernant une première extrémité axiale 34a (figure 7a) de la zone de contact 36 entre la seconde portée cylindrique 22b et l'arbre de rotor 24, la première extrémité axiale 34a étant située du côté de la première portée cylindrique 22a,

- une sixième courbe C6 concernant une seconde extrémité axiale 34b (figure 7a) de la zone de contact 36 entre la seconde portée cylindrique 22b et l'arbre de rotor 24, la seconde extrémité axiale 34b étant située du côté opposé à la première portée cylindrique 22a.

Sur ce graphe, la ligne horizontale L2 ayant pour ordonnée 0.016 mm symbolise le jeu maximal au-delà duquel le serrage (ou frettage) est considéré comme perdu pour la zone concernée.

Ainsi, le point P4 correspond à la perte du serrage de la seconde
5 extrémité axiale 34b, et donc de la pièce de révolution 60.

Comme cela apparaît également sur la figure 7, la tête 16 de la pièce de révolution 60 conserve sensiblement la même orientation en rotation à 20000 tours par minute que lorsque la pièce de révolution 60 est à l'arrêt (voir également la figure 7b). La déformation de la pièce de révolution 60 induit en effet un déplacement de la tête 16 qui,
10 vu en section axiale, s'apparente sensiblement à une translation.

Cet avantage se déduit également de la figure 9 qui est un graphe ayant pour abscisse la vitesse de rotation de l'arbre de rotor 24 en tours par minute, et en ordonnée le déplacement des lèvres d'étanchéité 18 de la tête 16. Ce graphe comporte :

- une septième courbe C7 concernant une première lèvre d'étanchéité extrême
15 18a (figure 7b) située du côté axial opposé au moyeu 62,
- une huitième courbe C8 concernant une deuxième lèvre d'étanchéité extrême 18b (figure 7b) située du même côté axial que le moyeu 62.

Ce graphe montre que les déplacements respectifs de ces deux lèvres d'étanchéité extrêmes 18a, 18b restent très proches dans tout le domaine de
20 fonctionnement du banc d'essais, en particulier autour de 20000 tours par minute.

L'invention concerne également un procédé de test d'une turbine 42, telle qu'une turbine pour turbomachine d'aéronef, comprenant au moins des étapes consistant à monter la turbine 42 dans un banc d'essais 40 du type décrit ci-dessus, en particulier raccorder un rotor de la turbine à l'arbre de rotor 24 du banc d'essais, puis à
25 mettre en rotation le rotor de la turbine, et provoquer ainsi une mise en rotation du piston d'équilibrage formé par la pièce de révolution 60, tout en appliquant un gaz pressurisé 80 (figure 5) sur un côté 82 du corps 14 du piston d'équilibrage opposé à la turbine 42 de sorte que le piston d'équilibrage applique une charge axiale à la turbine.

Dans ce procédé, le corps 14 du piston d'équilibrage 60 s'écarte
30 radialement vers l'extérieur sous l'effet de la force centrifuge F (figure 7) induite par la

rotation du piston d'équilibrage, tandis que les deuxième et quatrième régions annulaires 64a, 64b du moyeu 62 se déforment comme un double pivot, permettant de limiter la déformation de la cinquième région annulaire 70 au regard de la déformation du corps 14, comme expliqué ci-dessus.

REVENDICATIONS

1. Pièce de révolution (60) pour banc d'essai de turbines ou pour turbomachine, destinée à être mise en rotation, et comprenant un moyeu (62) destiné à être ajusté serré sur un arbre rotatif (24), et un corps (14) s'étendant radialement vers l'extérieur à partir d'une extrémité axiale (15) du moyeu, caractérisée en ce que le moyeu (62) comporte cinq régions annulaires se succédant axialement à partir de l'extrémité axiale (15) du moyeu, à savoir, dans l'ordre, une première région annulaire (68) s'étendant dans le prolongement du corps (14), une deuxième région annulaire (64a), une troisième région annulaire (66), une quatrième région annulaire (64b), et une cinquième région annulaire (70), la deuxième région annulaire (64a) et la quatrième région annulaire (64b) présentant une épaisseur (W2) inférieure à une épaisseur (W3, W5) des troisième et cinquième régions annulaires (66, 70), de sorte que lorsque la pièce de révolution est soumise à une force centrifuge (F), la deuxième région annulaire (64a) et la quatrième région annulaire (64b) forment des zones de déformation privilégiée se comportant comme un double pivot.
2. Pièce de révolution selon la revendication 1, comprenant en outre une tête (16) formée à une extrémité radialement externe du corps (14) de la pièce de révolution et présentant des premiers moyens d'étanchéité (18) formant une partie d'un joint d'étanchéité rotatif.
3. Pièce de révolution selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle le moyeu (62) présente une face radialement interne (19) comportant une rainure annulaire (20), et deux portées cylindriques (22a, 22b) séparées l'une de l'autre par la rainure annulaire (20) et s'étendant respectivement en regard des première et cinquième régions annulaires (68, 70).

4. Pièce de révolution selon la revendication 3, dans laquelle la rainure annulaire (20) s'étend en regard des deuxième, troisième et quatrième régions annulaires (64a, 66, 64b).

5. Pièce de révolution selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle le moyeu (62) présente une face radialement externe (72) comportant deux gorges annulaires (74a, 74b) qui délimitent respectivement les deuxième et quatrième régions annulaires (64a, 64b).

6. Banc d'essais (40) pour turbine, comprenant un arbre de rotor (24) destiné à supporter le rotor d'une turbine (42) à tester, ainsi qu'une pièce de révolution (60) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 ajustée serrée sur ledit arbre de rotor et destinée à être soumise à la pression d'un fluide (80) pressurisé pour appliquer une charge axiale à la turbine à tester.

7. Banc d'essais selon la revendication 6, dans laquelle la pièce de révolution (60) est une pièce de révolution selon la revendication 2, le banc d'essais (40) comprenant en outre un élément annulaire (28) par rapport auquel la pièce de révolution (60) est déplaçable en rotation, ledit élément annulaire (28) présentant des seconds moyens d'étanchéité (26) coopérant avec lesdits premiers moyens d'étanchéité (18) pour former un joint d'étanchéité rotatif.

8. Procédé de test d'une turbine (42), telle qu'une turbine pour turbomachine d'aéronef, comprenant au moins des étapes consistant à :

- monter la turbine (42) dans un banc d'essais (40) selon la revendication 6 ou 7, en particulier raccorder un rotor de la turbine à l'arbre de rotor (24) du banc d'essais, puis
- mettre en rotation le rotor de la turbine, et provoquer une mise en rotation de la pièce de révolution (60), tout en appliquant un gaz pressurisé (80) sur un côté (82) du corps (14) de la pièce de révolution (60) opposé à la turbine (42) de sorte que la pièce de révolution (60) applique une charge axiale à la turbine,

dans lequel le corps (14) de la pièce de révolution (60) s'écarte radialement vers l'extérieur sous l'effet d'une force centrifuge (F) induite par la rotation de la pièce de révolution (60), tandis que les deuxième et quatrième régions annulaires (64a, 64b) du moyeu (62) de la pièce de révolution (60) se déforment comme un double pivot.

S 58298

1/6

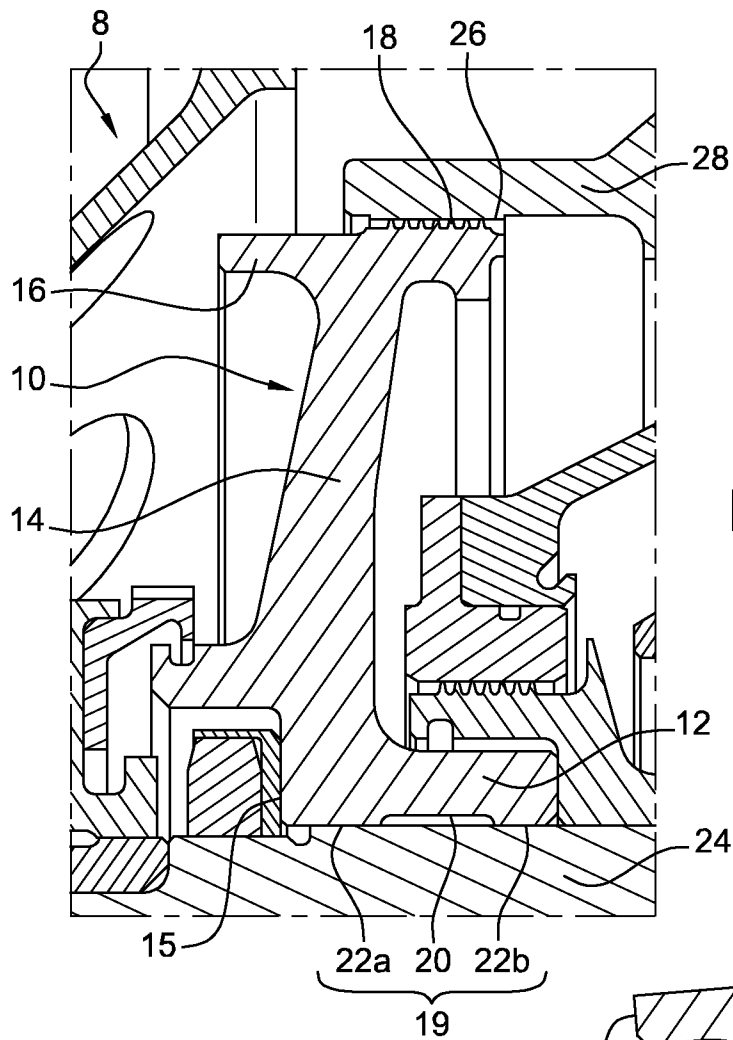
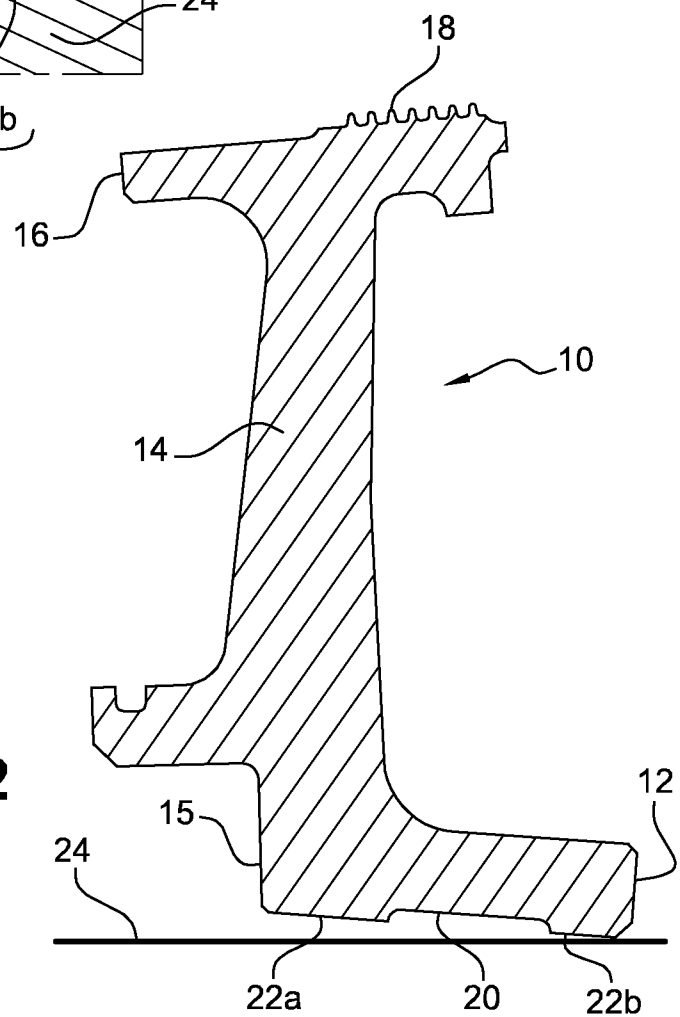


Fig. 1

Fig. 2



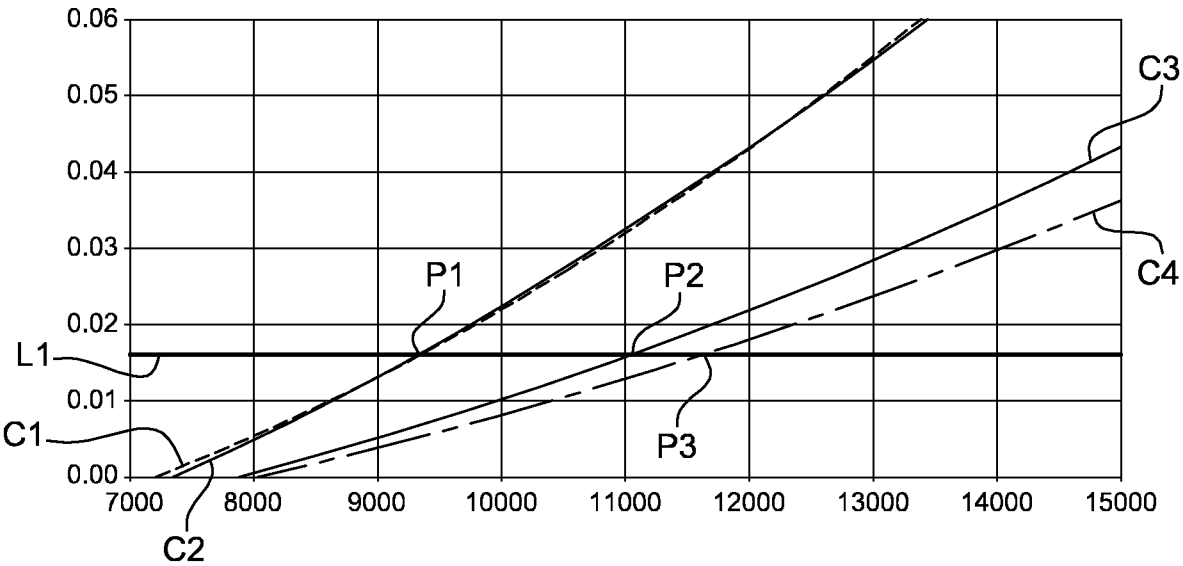
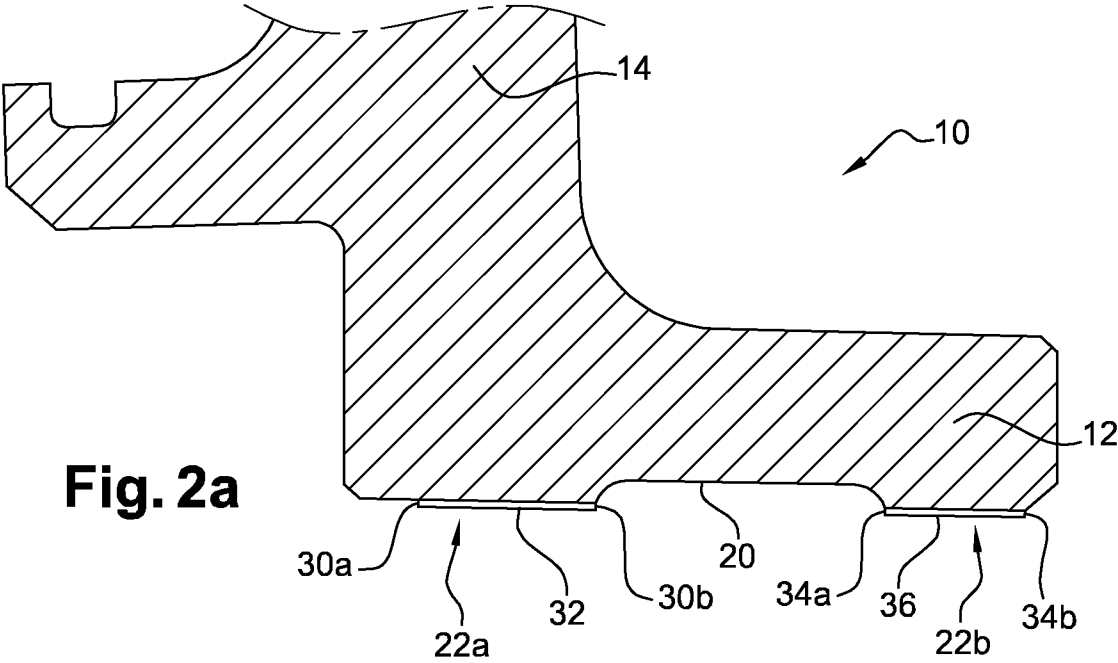


Fig. 3

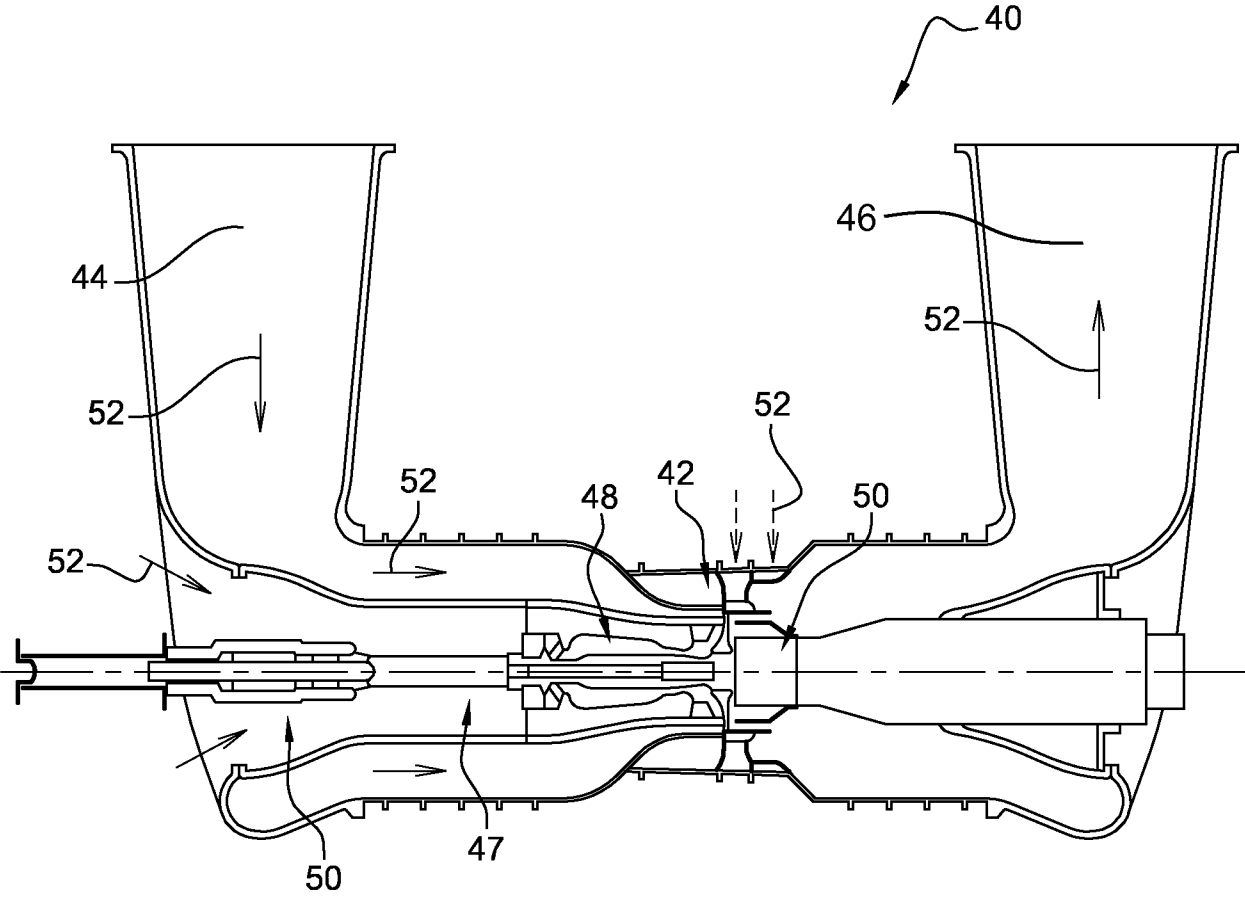


Fig. 4

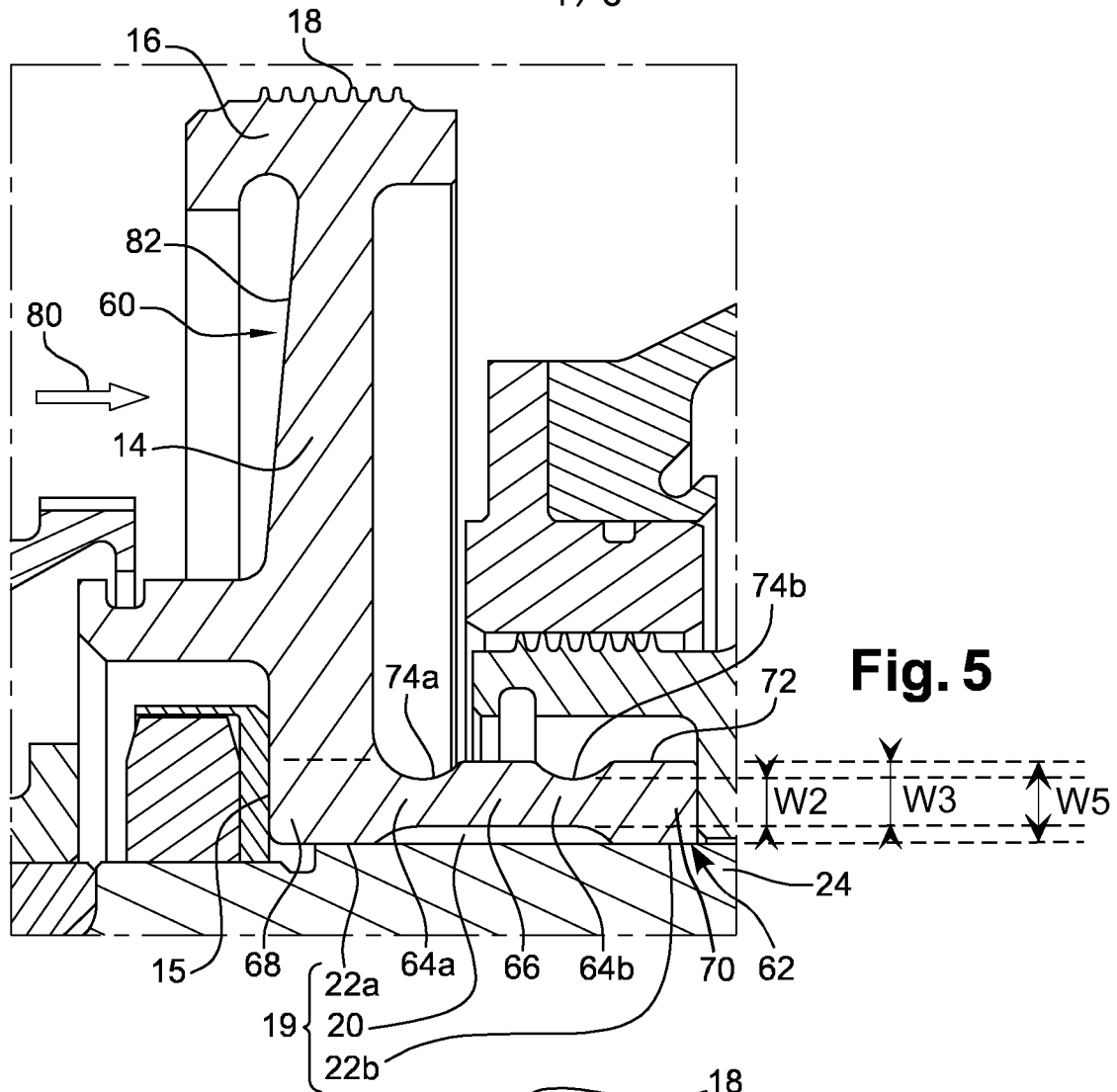


Fig. 5

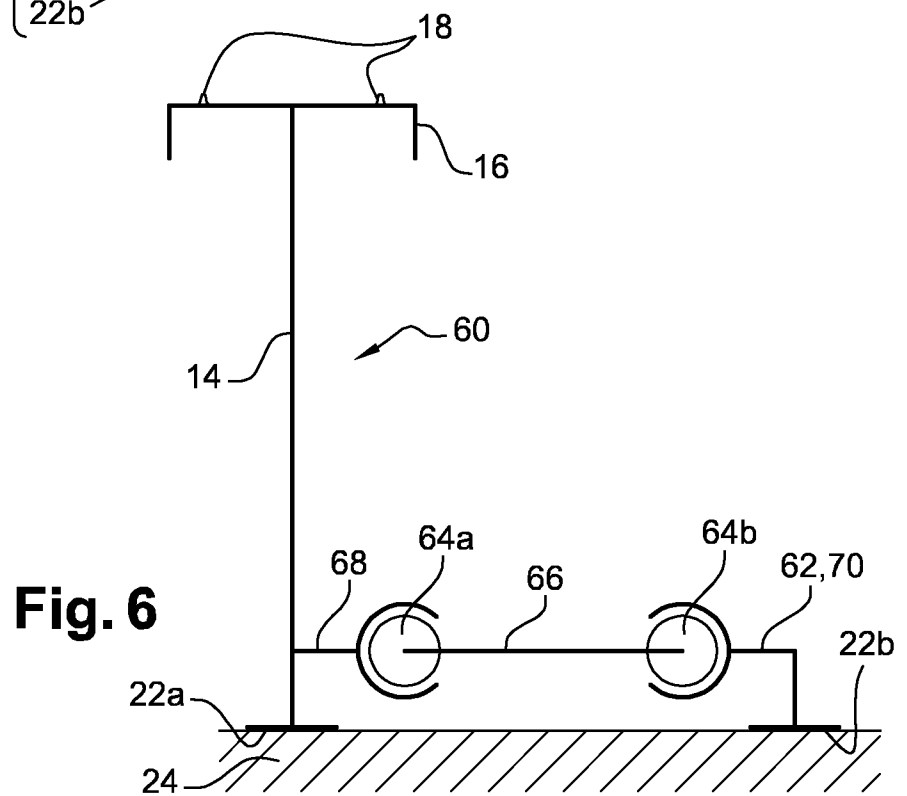
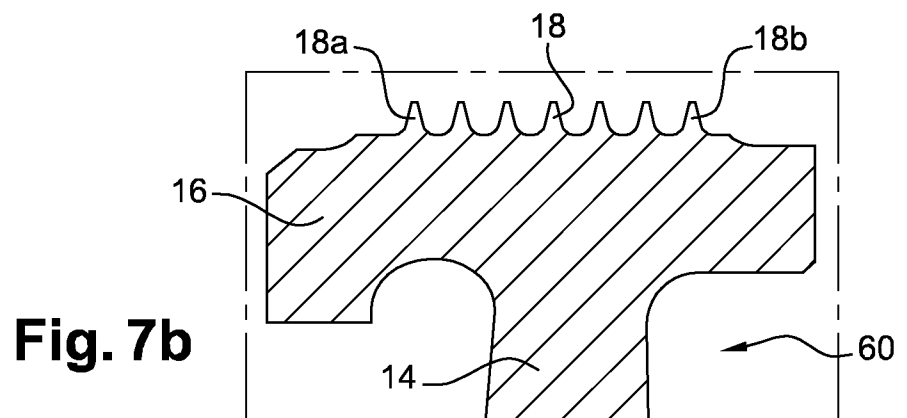
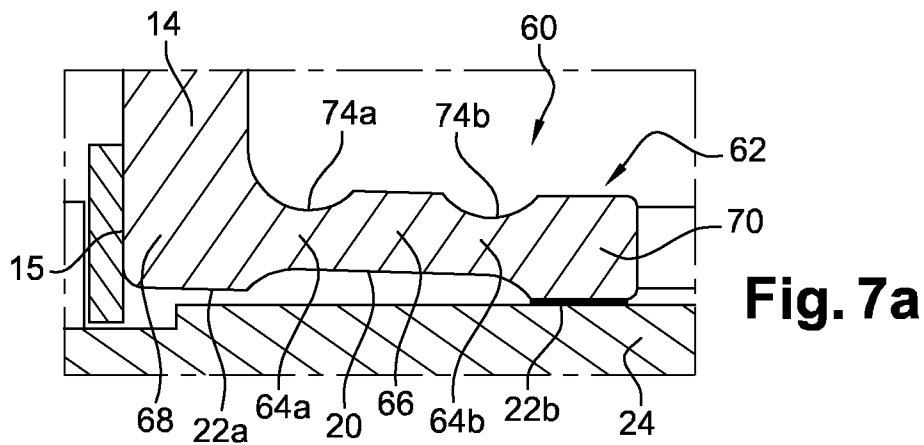
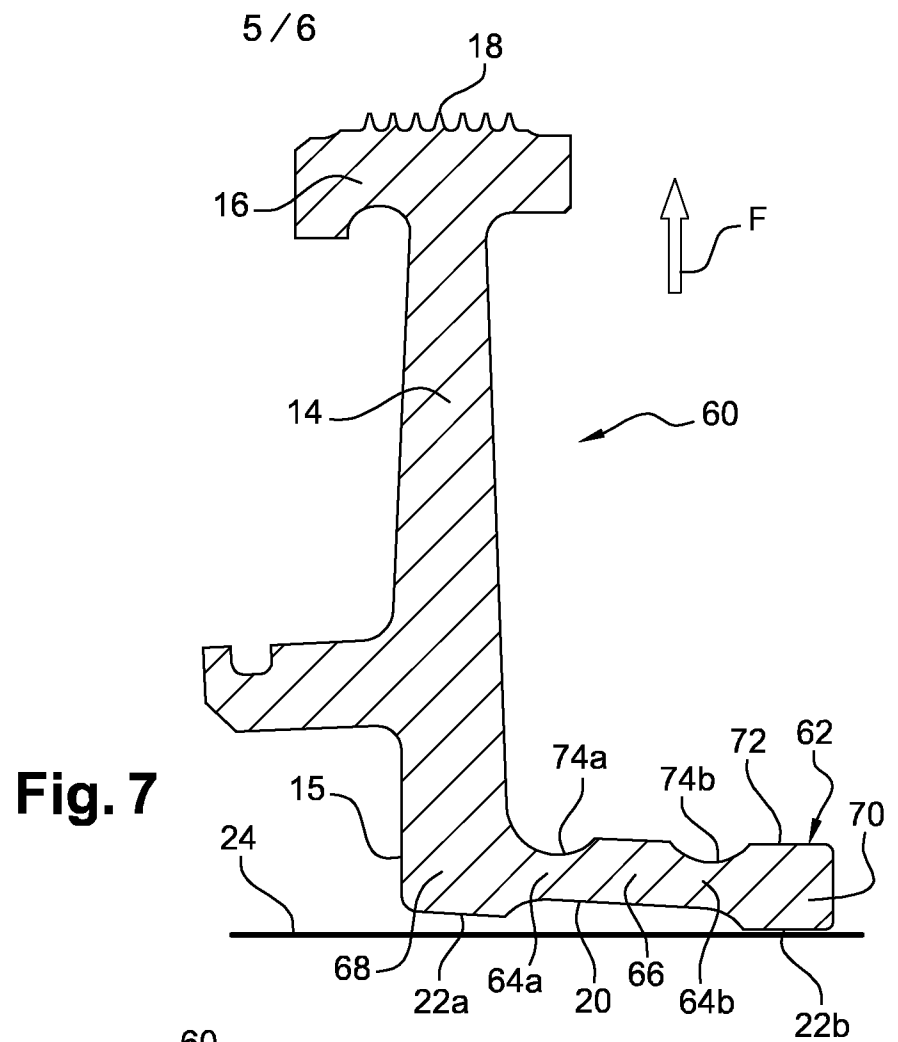


Fig. 6



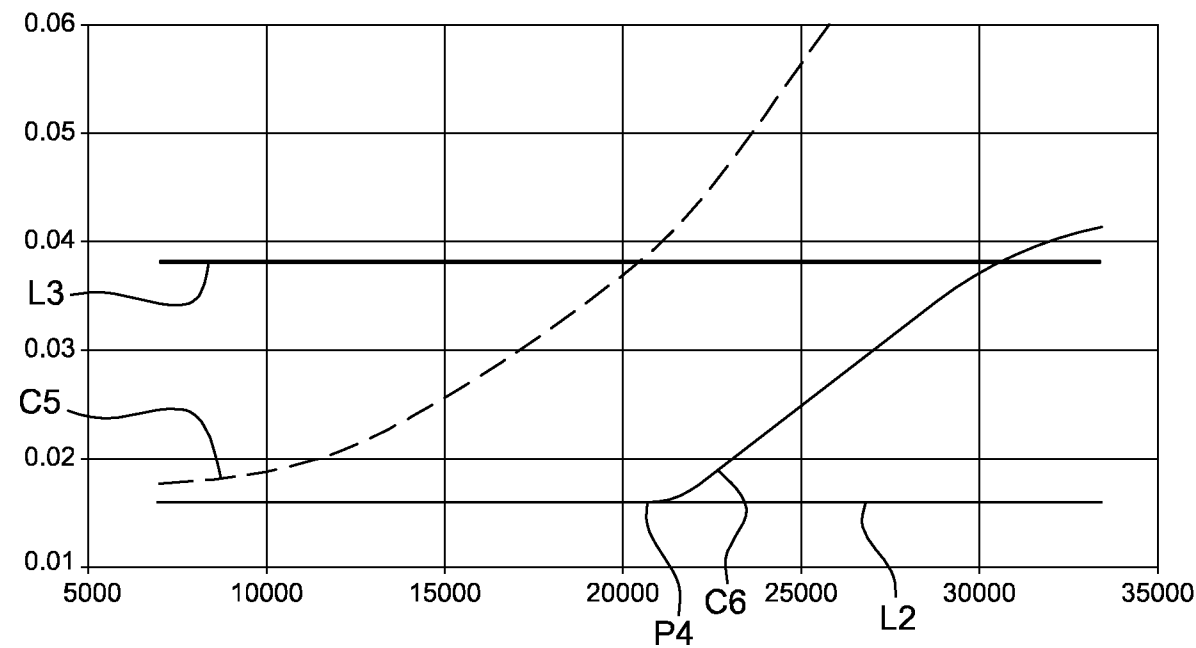


Fig. 8

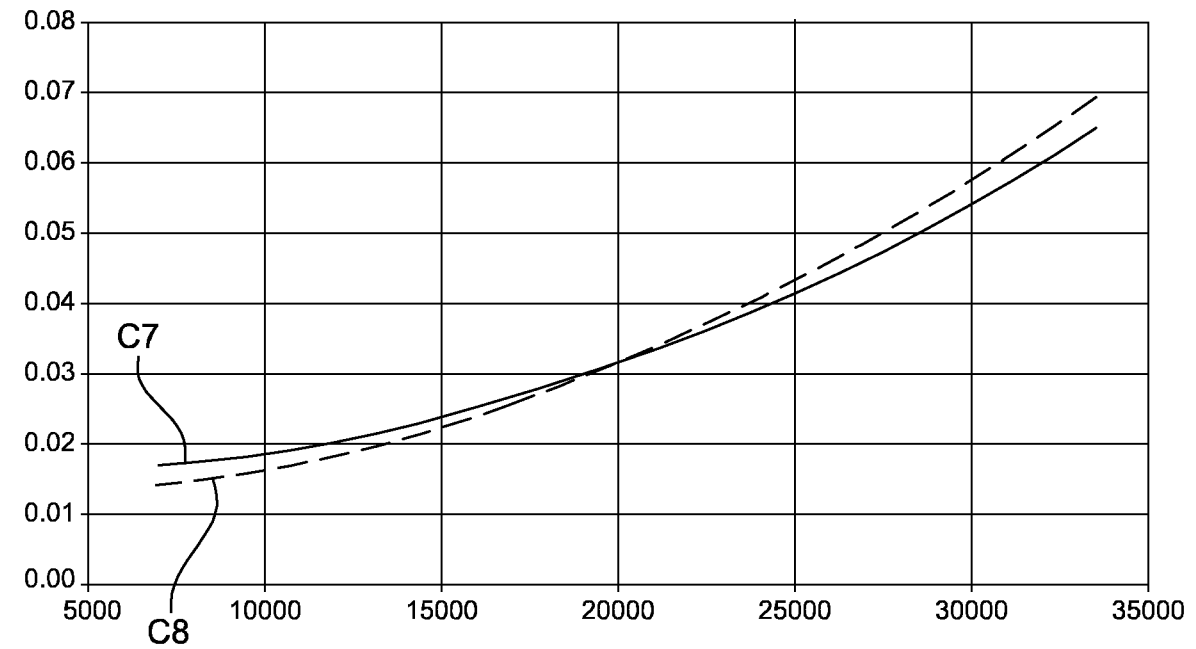


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2017/050149

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01M15/14 F04D29/051 F04D29/26
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01M F04D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 884 595 A (HERRICK DAVID B) 20 May 1975 (1975-05-20) column 2, line 45 - column 3, line 12; claim 1; figure 3 -----	1-8
A	EP 1 270 950 A2 (NUOVO PIGNONE SPA [IT]) 2 January 2003 (2003-01-02) claim 1; figure 3 -----	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 April 2017

Date of mailing of the international search report

24/04/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Cilissen, Marcel

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2017/050149

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3884595	A	20-05-1975	NONE

EP 1270950	A2	02-01-2003	AU 4579602 A 02-01-2003
			DE 60223317 T2 28-08-2008
			EP 1270950 A2 02-01-2003
			IT MI20011348 A1 27-12-2002
			JP 4097470 B2 11-06-2008
			JP 2003028094 A 29-01-2003
			NO 20023086 A 30-12-2002
			US 2003002977 A1 02-01-2003

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2017/050149

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01M15/14 F04D29/051 F04D29/26 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) G01M 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 cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 3 884 595 A (HERRICK DAVID B) 20 mai 1975 (1975-05-20) colonne 2, ligne 45 - colonne 3, ligne 12; revendication 1; figure 3 -----	1-8
A	EP 1 270 950 A2 (NUOVO PIGNONE SPA [IT]) 2 janvier 2003 (2003-01-02) revendication 1; figure 3 -----	1-8
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ 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 international 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 international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international 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 internationale a été effectivement achevée 11 avril 2017		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 24/04/2017
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 Cilissen, Marcel

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2017/050149

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3884595	A	20-05-1975	AUCUN	

EP 1270950	A2	02-01-2003	AU 4579602 A	02-01-2003
			DE 60223317 T2	28-08-2008
			EP 1270950 A2	02-01-2003
			IT MI20011348 A1	27-12-2002
			JP 4097470 B2	11-06-2008
			JP 2003028094 A	29-01-2003
			NO 20023086 A	30-12-2002
			US 2003002977 A1	02-01-2003
