

(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
21 mars 2019 (21.03.2019)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/053374 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F16H 1/28 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2018/052237

(22) Date de dépôt international :
12 septembre 2018 (12.09.2018)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1758422 12 septembre 2017 (12.09.2017) FR

(71) Déposant : **SAFRAN TRANSMISSION SYSTEMS**
[FR/FR] ; 18, boulevard Louis Seguin, 92700 COLOMBES
(FR).

(72) Inventeurs : **LEMOINE, Julie, Marie, Renée** ; SAFRAN
AIRCRAFT ENGINES PI (AJI), Rond-point René Ravaud
- Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **DOMBEK,**
Alexis, Claude, Michel ; SAFRAN AIRCRAFT ENGINES

PI (AJI), Rond-point René Ravaud - Réau, 77550 MOISSY-
CRAMAYEL (FR). **PAP, Balint** ; SAFRAN AIRCRAFT
ENGINES PI (AJI), Rond-point René Ravaud - Réau,
77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

(74) Mandataire : **GUTMANN, Ernest** ; 3, rue Auber, 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, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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,

(54) Title: PIVOT FOR A PLAIN BEARING AND GEARSET WITH REDUCED THERMAL STRESS

(54) Titre : PIVOT POUR PALIER LISSE ET TRAIN D'ENGRENAGES À CONTRAINTES THERMIQUES RÉDUITES

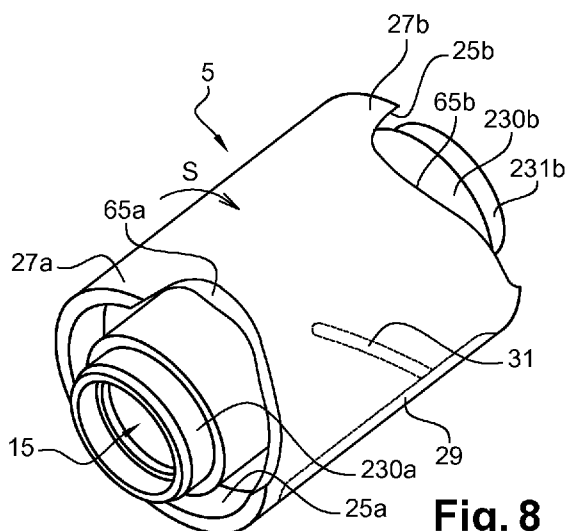


Fig. 8

(57) **Abstract:** The invention concerns a pivot (5) for a plain bearing with planetary gear set, the pivot having axially opposite, laterally open, circumferential grooves (25a), providing flexibility to the pivot and which radially separate two axially opposite, lateral end portions of a central barrel from two cantilevered lateral portions (27a, 27b) of the pivot. At least one of the cantilevered lateral portions is hollowed out by at least one recess (65a).

(57) **Abstrégé :** L'invention concerne un pivot (5) pour palier lisse de train épicycloïdal, le pivot présentant des rainures circonférentielles (25a) axialement opposées, ouvertes latéralement, procurant une souplesse au pivot et qui séparent radialement, de deux parties latérales en porte-à-faux (27a, 27b) du pivot, deux parties extrêmes latérales axialement opposées d'un fût central. L'une au moins des parties latérales en porte-à-faux est creusée par au moins un évidement (65a).



WO 2019/053374 A1

KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (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))

Pivot pour palier lisse et train d'engrenages à contraintes thermiques réduites

La présente invention concerne un pivot à palier lisse et un train
5 d'engrenages, notamment pour une turbomachine à gaz pour aéronef, équipé d'au moins un tel pivot.

Dans la présente demande :

- axial a pour sens parallèle à l'axe (X) de rotation autour duquel sont montées rotatives des aubes de la turbomachine en cause,
- 10 - radial a pour sens perpendiculaire à l'axe X,
- circonférentiel a pour sens s'étendant autour de l'axe X,
- extérieur et intérieur (ou externe et interne) ont respectivement pour sens radialement extérieur et radialement intérieur par rapport à l'axe X,
- évidemment a pour synonyme échancrure, encoche, découpe, cavité, creux.
- 15 Il s'agit d'un espace sans matière.

L'application à un train d'engrenages, y compris épicycloïdal, est notamment visée, qui comprend une couronne extérieure et des pignons satellites en prise avec un pignon central et avec la couronne extérieure et montés chacun libre en rotation sur un porte-satellites, les pignons satellites
20 pouvant chacun tourner autour d'un axe de satellite par l'intermédiaire d'un pivot.

Parmi les trains d'engrenages épicycloïdaux sont notamment concernés :

- ceux dans lesquels la couronne extérieure est mobile en rotation (montage
25 également appelé train réducteur épicycloïdal),
- mais aussi, ceux dans lesquels le porte-satellites est fixe et la couronne extérieure est mobile (montage également appelé train réducteur planétaire).

Le porte-satellite peut donc être fixe ou pivotant autour de l'axe du planétaire interne et du planétaire externe. L'entrée peut être formée par le
30 planétaire interne, et la sortie par le porte-satellite.

Dans une turbomachine, des trains épicycloïdaux sont ainsi notamment utilisés pour réduire la vitesse de rotation du rotor de la soufflante, indépendamment de la vitesse de rotation de la turbine.

Le document FR 2 991 421 décrit un tel réducteur à train
5 épicycloïdal, dans lequel les roues dentées formant les satellites sont montées sur des pivots du porte-satellite par l'intermédiaire de paliers lisses, ce qui est favorable en termes d'encombrement et de poids. Les paliers lisses ont une durée de vie quasiment infinie, pour autant qu'ils soient constamment alimentés avec une huile ne comportant pas de particules
10 abrasives.

Cette sensibilité à la lubrification implique un contrôle de la déformée du palier côté pivot et de sa température en fonctionnement.

Or, lors de calculs TEHD (thermo-élasto-hydro-dynamique) sur un pivot pour palier lisse conventionnel, il a été observé un échauffement de la
15 surface active du pivot (surface radialement extérieure formant une partie du palier une fois le pivot monté entre le satellite et le porte-satellite), notamment dans une zone située circonférentiellement juste en amont du passage, tel qu'une fente, d'alimentation en huile ménagé dans ladite surface active de ce pivot.

20 Il a été également observé des désalignements non identiques entre les portées amont et les portées aval de différents pivots. Des déplacements tangentiels, dus aux couples appliqués, et/ou radiaux, dus à la force centrifuge, et non symétriques entre l'amont et l'aval le long de l'axe de rotation X, ont été constatés sur des pivots.

25 Tout ceci est dommageable car susceptible d'affecter la fiabilité du pivot et l'efficacité du palier.

L'invention a notamment pour but d'apporter une solution simple, efficace et économique à une partie au moins de ces problèmes.

A cet effet, elle propose un pivot (appelé aussi arbre) pour palier
30 lisse de train d'engrenages, le pivot présentant:

- une partie formant un fût central, s'étendant autour d'un passage axial du pivot, et
 - des rainures circonférentielles axialement opposées, ouvertes axialement (donc latéralement, procurant ainsi une souplesse au pivot) qui séparent
- 5 radialement, de deux parties latérales en porte-à-faux du pivot, deux parties extrêmes latérales axialement opposées du fût central,
- le pivot étant caractérisé en ce que l'une au moins des parties latérales en porte-à-faux est creusée par au moins un évidement.

En prévoyant ainsi un creux, un vide, sur une partie au moins de

10 l'une au moins des zones de souplesse formées par les parties latérales en porte-à-faux, on va modifier la répartition de la matière dans le pivot par rapport à un pivot à parties latérales en porte-à-faux uniformément pleines et identiques circonférentiellement, étant rappelé que ces zones de souplesse circonférentielles permettent de diminuer la rigidité du pivot afin

15 de limiter le désalignement entre la surface active du pivot et ses portées.

Or il s'est avéré que le besoin de souplesse n'est pas nécessaire dans toutes les directions. Il est donc possible de faire varier localement la rigidité de ses zones de souplesse, en particulier dans les endroits à fort échauffement, afin d'augmenter la conduction et ainsi diminuer la

20 température de la zone active, sans pour autant altérer la qualité de l'alignement précité. Il a en effet été constaté qu'une cause de l'augmentation locale précitée de la température était liée à une présence d'air emprisonné en zone de souplesse. La solution proposée remédie à cela. L'absence de matière limite la conduction de la chaleur et donc l'évacuation des calories.

25 Des essais et mesures ayant confirmé qu'on pouvait même supprimer localement la déformation prédéterminée du pivot assurée par les zones précitées de souplesse, il est même proposé:

- que, du côté latéral dudit au moins un évidement, ladite partie latérale en porte-à-faux soit circonférentielle mais non annulaire, et/ou

- que ledit au moins un évidement soit présent à l'interface entre un pignon satellite et le pivot considéré, sur la surface lisse du pivot qui définit la surface circonférentielle extérieure de ce pivot.

Afin de favoriser notamment encore davantage les transferts thermiques et l'efficacité dans l'effet anti-désalignement, il est par ailleurs
5 conseillé que le pivot précité soit monobloc, avec ses parties latérales en porte-à-faux et son fût central en une seule pièce.

Et pour optimiser la diminution attendue de température de la zone active, sans pour autant altérer la qualité de l'alignement précité, il est
10 proposé que :

- ledit au moins un évidement présente un contour irrégulier, et/ou

- que, du côté latéral de cet évidement :

-- la rainure circonférentielle présente, à l'écart dudit au moins un évidement, au moins une profondeur (P) dans une direction suivant
15 laquelle la rainure circonférentielle s'étend vers l'intérieur du pivot, depuis une extrémité latérale libre de ladite partie latérale en porte-à-faux, jusqu'à une extrémité de fond, et

-- que ledit évidement s'étende alors sur au moins 10% de la circonférence du pivot et/ou de ladite profondeur (P) de la rainure
20 circonférentielle.

Répartir ce contrôle de température de la zone active du pivot, en prévoyant que le pivot comprenne au moins deux évidements creusés respectivement dans l'une et l'autre des deux parties latérales en porte-à-faux, permettra d'élargir la zone à température plus basse et donc équilibrer
25 les contraintes, quitte à ce que les évidements de part et d'autre soient différents.

Concernant maintenant le train d'engrenages, notamment pour turbomachine à gaz d'aéronef, auquel se rapporte aussi l'invention, il prévu qu'il comprenne une couronne extérieure et des pignons satellites, en prise
30 avec le pignon central et avec la couronne extérieure et montés chacun libre en rotation sur un porte-satellites les pignons satellites pouvant chacun

tourner autour d'un axe de satellite (parallèle à l'axe X) par l'intermédiaire d'un pivot précité, ayant tout ou partie de ses caractéristiques.

Il est aussi prévu que ce train d'engrenages puisse comporter en outre des moyens d'amenée d'huile au niveau d'une interface entre un dit pignon satellite et le pivot considéré. Au moins une surface circonférentielle radialement extérieure d'un dit pivot présentera alors de préférence une fente d'alimentation en un liquide lubrifiant, ladite largeur (l) et/ou profondeur (P) étant minimum dans une zone latérale du pivot adjacente à la fente et située angulairement du côté opposé à celui vers lequel le lubrifiant coule (sens S ci-après) sur la surface extérieure quand le train d'engrenages est opérationnel, donc peut tourner.

Ainsi, on aura enlevé localement de la matière dans les zones où le lubrifiant chauffe beaucoup. Un tel train d'engrenages est performant en ce qu'il associe une performance dans l'alignement attendu des pièces concernées et une limitation des points chauds néfastes tant mécaniquement pour la structure des pièces que pour le lubrifiant.

Quant à la turbomachine précitée, concernée aussi en tant que telle, elle pourra comprendre un tel train d'engrenages, en particulier un train d'engrenages épicycloïdal, dont le pignon central pourra entourer et être solidaire en rotation d'un arbre du compresseur de la turbomachine.

Et en particulier, il pourra s'agir d'un cas dans lequel la couronne extérieure sera solidaire d'un carter ou d'une virole annulaire statique du compresseur basse pression.

Ainsi, l'invention est en particulier applicable à un train d'engrenage, tel qu'un train d'engrenage épicycloïdal dans lequel la couronne extérieure est fixe. Dans ce cas, le train d'engrenages peut être qualifié de réducteur puisque la vitesse de sortie, c'est-à-dire celle du porte-satellites est plus faible que la vitesse d'entrée, c'est-à-dire celle de l'arbre d'entraînement en rotation du pignon central.

Le porte-satellites peut par exemple être alors relié à une roue de soufflante amont de la turbomachine dont la vitesse est ainsi inférieure à la vitesse de l'arbre du compresseur.

Autre aspect encore sur lequel l'invention est intervenue : le
5 procédé de réalisation d'un pivot à palier lisse.

En effet, il n'a à la connaissance des inventeurs jusqu'à présent jamais été défini de méthode permettant d'obtenir une bonne évacuation de calories, voire un compromis favorable entre cette évacuation et une portée toujours efficacement guidée.

10 C'est ainsi qu'il est ici proposé un procédé pour réaliser le pivot ci-avant évoqué avec sa surface circonférentielle extérieure présentant, comme précité, une fente d'alimentation en un liquide lubrifiant, de sorte que le liquide coule sur un côté circonférentiel de ladite surface circonférentielle extérieure quand il sort de la fente d'alimentation, dans lequel procédé :
15 - on détermine par un modèle TEHD des champs de température du pivot au moins à l'endroit de l'une au moins des parties latérales en porte-à-faux,
- on identifie à cet endroit au moins une zone que le modèle TEHD indique comme la zone de la ou des températures les plus élevées, puis
- on crée à l'endroit de ladite zone un évidement dans ladite au moins une
20 partie latérale en porte-à-faux.

Cette manière d'opérer est rapide, simple et fiable.

Il est précisé que la méthode thermo-hydrodynamique dans le cadre de la lubrification, notée THD, consiste à déterminer les champs de température dans le fluide lubrifiant mais aussi dans les solides constituant
25 le contact en liaison avec le champ de pression hydrodynamique dans le film qui lubrifie. Pour cela, à l'équation de Reynolds dont le paramètre principal est la pression sont associées deux équations supplémentaires : l'équation de l'énergie qui va permettre de déterminer la température en tout point du fluide, et l'équation de Fourier qui permettra de déterminer la température
30 dans les solides (arbre, bielle, coussinet, etc.). Le modèle est dit thermo-élasto-hydrodynamique, noté TEHD, lorsque les déformations élastiques et

thermo-élastiques sont prises en compte en plus des phénomènes purement thermiques dans la résolution globale du problème. Il va de soi que les déformations thermiques des solides ne peuvent être prises en compte que si l'on connaît les températures dans les solides.

5 L'invention sera si nécessaire encore mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de l'invention pourront apparaître à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma de face d'un train d'engrenages,
- 10 - la figure 2 est un schéma cinématique d'un train épicycloïdal,
- la figure 3 est une vue en coupe locale du palier lisse,
- la figure 4 est un schéma longitudinal d'une turbomachine,
- la figure 5 est une perspective d'un pivot de l'art antérieur,
- la figure 6 est une coupe axiale selon VI-VI de la figure 7,
- 15 - les figures 7,8 sont deux modes possibles de réalisation d'un pivot selon l'invention,
- la figure 9 est un schéma de montage de pivots dans une configuration épicycloïdale,
- la figure 10 est un schéma de montage de pivots dans une configuration
- 20 planétaire, et
- sur la figure 11 sont comparées deux solutions d'engrenages, en haut épicycloïdale, en bas à planétaire.

Les figures 1 et 2 illustrent schématiquement la structure d'un réducteur à train d'engrenages 1 sur laquelle l'invention peut s'appliquer. Le

25 réducteur 1 comporte classiquement un planétaire interne 2 (également appelé soleil ou solaire) et un planétaire externe 3 (également appelé couronne extérieure), les deux planétaires étant coaxiaux. Le planétaire interne, ou pignon central 2 peut être mobile en rotation autour de son axe X, le planétaire externe, ou couronne extérieure, 3 pouvant être fixe, ou

30 l'inverse fixe. Le train d'engrenages 1 comporte en outre des satellites, ou pignons satellites 4 montés de façon mobile en rotation sur des pivots 5 d'un

porte-satellites 6. Chaque satellite 4 engrène à la fois avec le planétaire interne 2 et avec le planétaire externe 3. Le porte-satellites 6 est fixe ou pivotant autour de l'axe X du planétaire interne 2 et du planétaire externe 3. L'entrée peut être formée par le planétaire interne 2 et la sortie formée par le porte-satellites 6.

Le porte-satellites 6 peut être couplé en rotation à une hélice (dans le cas d'un turbopropulseur) ou à une roue de soufflante (dans le cas d'un turboréacteur).

Dans une turbomachine 10 à gaz pour aéronef, des trains d'engrenages 1 sont notamment utilisés en tant que réducteur de vitesse pour réduire la vitesse de rotation d'un rotor, tel qu'une soufflante 12 figure 4, indépendamment de la vitesse de rotation d'au moins une turbine 14 couplée axialement en aval à au moins un compresseur 16 dont la turbomachine est aussi équipée. A partir de l'entrée d'air 18 frontale, la soufflante 12, puis notamment le compresseur 16 reçoivent de l'air.

Le pignon central, ou planétaire interne, 2 entoure et est alors solidaire en rotation de l'arbre 24 du compresseur 16 ; voir exemple figures 1,4. Le train d'engrenages 1 peut en particulier être monté dans une enceinte annulaire formée radialement à l'intérieur d'un compresseur basse pression 16a agencé en aval de la roue de soufflante 12 et en amont (AM) d'un compresseur haute pression 16b.

Comme cela est visible en considérant les figures 1-3, chaque satellite 4 comporte une surface interne cylindrique 7 montée pivotante autour d'une surface cylindrique 8 (surface extérieure de portée) du pivot 5 correspondant du porte-satellites 6, de façon à former un palier lisse.

Il est donc nécessaire d'alimenter en huile l'interface 9 entre ces deux surfaces cylindriques 7, 8. Pour cela, comme illustré figure 6, le train d'engrenages 1 comporte des moyens 13 d'amenée de lubrifiant relié à une source de lubrifiant 13a et comportant une chambre 15 (51 figure 5), appelée aussi passage axial, s'étendant sensiblement selon l'axe X1 du pivot 5 concerné. L'une au moins des extrémités 17 de la chambre 15 est raccordée

à un canal d'entrée d'huile. Si une seule des extrémités 17 forme une arrivée d'huile, l'autre extrémité est bouchée. La chambre 15 est globalement cylindrique et comporte plus particulièrement deux parties 15a, 15b (voir figure 6) séparées par une cloison médiane 19 s'étendant radialement. Les

5 extrémités latérales 17 de la chambre 15 comportent des passages axiaux de plus faible diamètre que la chambre 15, dont l'un au moins forme une entrée d'huile, comme indiqué précédemment. La cloison médiane 19 est traversée par un orifice 21 faisant communiquer les parties 15a, 15b de la chambre 15. Sur la figure 5, on voit un pivot conventionnel 50 qui, comme

10 ceux 5 conformes à l'invention (voir figures 6-9), présente une surface (sensiblement) cylindrique externe (repérée 80 pour le pivot 50 et 8 pour le pivot 5) d'axe X1, adaptée à former un palier lisse avec la surface (sensiblement) cylindrique interne (7 figure 3) du pignon satellite 4 d'axe X1 concerné.

15 Chaque pivot resp. (respectivement) 5,50 présente une partie formant un fût radialement central, resp. 23,53, s'étendant autour du passage axial resp. 15,51. C'est autour de l'axe X1 que le pivot est adapté à tourner, dans le sens S imposé par son montage sur le réducteur. Chaque pivot présente en outre des rainures resp. 25a,25b,55a circonférentielles

20 axialement opposées, ouvertes axialement (donc latéralement), procurant une souplesse au pivot (figure 5, on ne voit pas l'intérieur de l'autre extrémité du pivot, d'où le seul repère 55a mentionné). Ces rainures circonférentielles séparent radialement, de deux parties latérales resp. 27a,27b,57a,57b en porte-à-faux, deux parties extrêmes latérales resp. 230a,230b,55a (l'autre

25 n'est pas visible figure 5), chacune à surface de portée périphérique 231a,231b axialement opposées du fût central.

Pour son alimentation en liquide lubrifiant, la surface circonférentielle, radialement extérieure resp. 8,80 présente un passage, tel qu'une fente, resp. 29,59 d'alimentation allongée parallèlement à l'axe X1.

30 Cette fente communique avec un conduit radial (31, figure 8), lequel communique avec le passage axial précité (15,51), On considérera que le

lubrifiant liquide qui sort du passage 29,59 coule sur la surface extérieure 8,80 dans le sens S des figures 5,7,8, quand le train épicycloïdal 1 fonctionne.

Sur le pivot 50 de l'art antérieur, il a été constaté un échauffement
5 de sa surface active, donc de sa surface extérieure 80, en particulier
circonférentiellement en amont du passage 59 ; zones 61a,61b figure 5.

Il s'avère que cette augmentation locale de la température est créée
par l'air emprisonné dans la zone de souplesse (parties latérales 57a,57b en
porte-à-faux). L'absence de matière limite la conduction de la chaleur et donc
10 l'évacuation des calories. Pour rappel le creux de la zone de souplesse
(rainures circonférentielles, telle que 55a) permet de diminuer la rigidité du
pivot pour diminuer le désalignement entre la surface active du palier et ses
portées. Or, le besoin de souplesse n'est pas nécessaire dans toutes les
directions, il est donc possible de limiter l'étendue de la zone de souplesse
15 dans les endroits à fort échauffement, afin d'augmenter la conduction et donc
diminuer la température globalement sur la surface circonférentielle
extérieure 8,80.

Ceci a amené les inventeurs à imaginer la méthodologie d'approche
suivante à laquelle se rapporte d'ailleurs l'invention :

20 D'abord, ils ont déterminé par un modèle TEHD et sur un pivot tel
que celui référencé 50, des champs de température tels que 63a,63b, ceci
au moins à l'endroit de l'une au moins des parties latérales en porte-à-faux
57a,57b.

Ensuite, ils ont identifié à cet (ou à chaque) endroit, au moins une
25 zone que le modèle TEHD a indiqué comme la (les) zone(s) de la ou des
températures les plus élevées, comme en 630a,630b figure 5.

Puis ils sont intervenus sur le pivot 5 de l'invention pour qu'il soit
fabriqué avec l'une au moins des parties 27a,27b latérales en porte-à-faux
creusée par au moins un évidement 65a (figures 6-7), 65a,65b figure 8 ; voir
30 partie 27a interrompue localement dans l'exemple commun des figures 6-7

et parties opposées interrompues localement 27a,27b dans l'autre exemple de la figure 8.

Une zone d'évidement s'avère être une zone peu chargée en contrainte. Il est en conséquence pas ou peu gênant que de tels creux existent. L'absence de matière n'affecte pas (notablement) le guidage par les portées.

Avant de détailler cette modification, on relèvera en outre figure 6, qu'à l'écart de l'évidement pour la rainure 25a, chaque rainure circonférentielle 25a,25b présente (ce qui pourrait aussi être constaté sur le pivot 50 de l'art antérieur ou celui de la figure 6) une extrémité latérale libre, resp. 250a,250b, située au niveau de l'extrémité libre correspondante de la partie latérale en porte-à-faux 27a ou 27b considérée.

Chaque rainure circonférentielle présente en outre :

- au moins une profondeur $\underline{P}$, dans une direction (telle que D figure 9 pour la rainure 25a) suivant laquelle la rainure circonférentielle s'étend vers l'intérieur du pivot, depuis l'extrémité latérale libre (telle que donc 250a) jusqu'à une extrémité de fond, telle que 33a (voir aussi repère 33b pour la rainure 25b),
- et au moins une largeur $\underline{l}$ (que l'on peut considérer comme une section, ou un diamètre suivant la forme de la rainure).

De façon approximative, la direction (telle que D) suivant laquelle s'étend une rainure circonférentielle est axiale (parallèle à l'axe X1). Plus finement, on notera une inclinaison radiale de quelques degrés vers l'intérieur.

Quoi qu'il en soit, la modification qui conduit à la solution de l'invention, comprend donc une fabrication du pivot 5 telle que l'on aura créé au moins un évidement 65a,65b à(aux) (l)'endroit(s) indiqué(s), via le modèle TEHD, comme la(les) zone(s), telles 630a et/ou 630b, de la ou des températures les plus élevées dans ladite au moins une partie latérale en porte-à-faux.

Dès lors qu'en fonctionnement, train épicycloïdal opérationnel (engrenages pouvant tourner), le lubrifiant est supposé couler dans le sens S, hors du passage 29, sur la surface circonférentielle radialement extérieure 8, ledit au moins un évidement 65a,65b sera favorablement adjacent à cette
5 fente et alors situé angulairement du côté opposé à celui vers lequel le lubrifiant coule (sens S) en sortant du passage 29 ; voir deux exemples figures 7 et 8.

Afin de favoriser notamment encore les transferts thermiques et l'efficacité dans l'effet anti-désalignement, il est par ailleurs conseillé que le
10 pivot précité soit monobloc, avec ses parties latérales en porte-à-faux 27a,27b et son fût central 23 en une seule pièce.

Dès lors que la(les) zone(s), telles 630a et/ou 630b, de températures les plus élevées sera(ont) probablement localisée(s), il est prévisible que, du côté latéral concerné de l'évidement 65a et/ou 65b, la partie latérale en porte-
15 à-faux correspondante 27a et/ou 27b soit circonférentielle mais non annulaire, comme illustré figures 6-8. Ainsi, on pourra au mieux associer maîtrises des surchauffes et des alignements.

A cet égard, le ou chaque évidement 65a,65b s'étendra favorablement sur au moins 10% de la circonférence du pivot et/ou de ladite
20 profondeur (P) de la rainure circonférentielle 25a,25b considérée.

Dans une première version, le pivot 5 pourra ne comprendre d'évidement 65a ou 65b que d'un côté axial du pivot, ici en extrémité, comme figure 7.

Il est toutefois plus probable que, comme dans une seconde version
25 montrée figure 8, le pivot 5 comprenne au moins deux évidements 65a et 65b, des deux côtés axiaux du pivot.

Sur les figures 9 et 11 (en haut), on a de nouveau schématisé le cas d'un montage de pivots 5 dans une configuration épicycloïdale, donc dans un cas où le pignon central 2 est mobile, mais la couronne extérieure 3 fixe,
30 solidaire d'un carter extérieur, ou d'une virole annulaire, statique, 26 du compresseur 16, en particulier du compresseur basse pression 16a; voir

figure 11 en haut où une liaison à ressort 81 relie la virole annulaire 26 à l'une des demi-couronnes, ici 3b. Comme illustré, des efforts tant tangentiels ET dus aux couples appliqués, que radiaux ER, dus à la force centrifuge, sont exercés sur chaque pivot 5.

5 Sur la figure 10, un autre cas d'application est schématisé, celui d'un montage de pivots 5 dans une configuration planétaire, donc dans un cas où tant le pignon central 2 que la couronne extérieure 3 sont mobiles en rotation autour de l'axe X du compresseur 16a, en particulier du compresseur basse pression. Comme illustré, des efforts tangentiels ET, dus aux couples
10 appliqués, sont exercés sur chaque pivot 5. Cette situation peut être celle d'un open-rotor ou d'une double soufflante.

Sur la figure 11 sont comparées des solutions à trains d'engrenages épicycloïdaux dans lesquelles :

- en haut, on est dans une solution à porte-satellites mobile et à couronne
15 fixe,
- en bas, le train d'engrenage est tel que le porte-satellites 6 est fixe (vis-à-vis d'un carter, ou d'une virole annulaire, statique 28) et la couronne extérieure est mobile (solution dite aussi à train réducteur planétaire).

En liaison avec certaines figures précédentes, on y retrouve en
20 commun un porte-satellites 6 porteur de satellites 4, un planétaire interne 2 et un planétaire externe, ici en deux demi-couronnes 3a,3b respectivement amont et aval vis-à-vis de l'axe de rotation X. Le planétaire interne 2 est en prise avec l'arbre axial 24, l'arbre du compresseur basse pression dans l'exemple. Des paliers 71,73 supportent et guident axialement la soufflante
25 12.

Dans la solution en haut, via un prolongement axial amont 75 supporté et guidé par les paliers 71,73, le porte-satellites 6 est en prise avec la soufflante 12 et un porte-couronne fixe est adjoint, lié ici à la demi-couronne 3a amont.

30 Dans la solution du bas, c'est le planétaire externe (demi-couronnes 3a,3b) qui, via un prolongement axial amont 77 supporté et guidé par les

paliers 71,73, est en prise avec la soufflante 12. Le porte-satellites 6 est fixe (liaison à ressort 79 avec la virole annulaire, statique, 28).

REVENDICATIONS

1. Pivot (5) pour palier lisse de train d'engrenages, le pivot présentant :

- 5 - une partie (23) formant un fût central, s'étendant autour d'un passage axial (15) du pivot ayant un axe (X1), et
- des rainures circonférentielles (25a,25b) axialement opposées, ouvertes latéralement, qui séparent radialement, de deux parties latérales en porte-à-faux (27a,27b) du pivot, deux parties extrêmes latérales axialement
- 10 opposées (230a,230b) du fût central (23),
- caractérisé en ce que l'une au moins des parties latérales en porte-à-faux est creusée par au moins un évidement (65a,65b).

2. Pivot (5) selon la revendication 1, qui est monobloc, avec son fût central (23) et ses parties latérales en porte-à-faux (27a,27b) en une seule

15 pièce.

3. Pivot (5) selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel, du côté latéral dudit au moins un évidement (65a,65b), ladite partie latérale en porte-à-faux (27a,27b) est circonférentielle mais non annulaire.

20 4. Pivot (5) selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel, du côté latéral dudit au moins un évidement :

- la rainure circonférentielle (25a,25b) présente, à l'écart dudit au moins un évidement, au moins une profondeur (P) dans une direction suivant laquelle la rainure circonférentielle s'étend vers l'intérieur du pivot, depuis une
- 25 extrémité latérale libre (250a,250b) de ladite partie latérale en porte-à-faux (27a,27b), jusqu'à une extrémité de fond (33a) de ladite rainure circonférentielle (25a,25b), et
- le pivot présentant une circonférence, ledit au moins un évidement (65a,65b) s'étend sur au moins 10% de la circonférence du pivot et/ou de
- 30 ladite profondeur (P) de la rainure circonférentielle (25a,25b).

5. Pivot (5) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux évidements (65a,65b) creusés respectivement dans l'une et l'autre des deux parties latérales en porte-à-faux.

5 6. Train d'engrenages d'une turbomachine à gaz pour aéronef, comprenant une couronne extérieure (3) et des pignons satellites (4) en prise avec un pignon central (2) et avec la couronne extérieure (3) et montés chacun libre en rotation sur un porte-satellites (6), les pignons satellites (4) pouvant chacun tourner, autour d'un axe (X1) de satellite correspondant à
10 un dit axe (X1) de passage axial (15), par l'intermédiaire d'un dit pivot (5) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

 7. Train d'engrenages (1) selon la revendication 6, comportant en outre des moyens (13,14) d'amenée d'huile au niveau d'une interface (9) entre un desdits pignons satellites (4) et ledit pivot (5), caractérisé en ce que
15 ledit pivot (5) présente une surface circonférentielle radialement extérieure (8) qui présente un passage (29) d'alimentation en un liquide lubrifiant, ledit au moins un évidement étant adjacent au passage (29) et étant situé angulairement du côté opposé à celui vers lequel le lubrifiant coule sur la surface circonférentielle radialement extérieure (8) quand le train
20 d'engrenages peut tourner.

 8. Turbomachine à gaz pour aéronef comprenant ledit train d'engrenages selon la revendication 6 ou 7 dont le pignon central (2) entoure et est solidaire en rotation d'un arbre (24) d'un compresseur de la turbomachine.

25 9. Turbomachine selon la revendication 8, dans laquelle la couronne extérieure (3) est solidaire d'un carter ou d'une virole annulaire statique (26) dudit compresseur qui est un compresseur basse pression (16a).

 10. Turbomachine selon la revendication 8, dans laquelle le porte-
30 satellites (6) est solidaire d'un carter ou d'une virole annulaire, statique (28).

11. Procédé de réalisation d'un pivot (5) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, une surface circonférentielle externe (8) dudit pivot présentant une fente d'alimentation en un liquide lubrifiant, de sorte que le liquide coule sur un côté circonférentiel de ladite surface circonférentielle
- 5 extérieure (8) quand il sort de la fente d'alimentation, dans lequel procédé :
- on détermine par un modèle TEHD des champs de température du pivot au moins à l'endroit de l'une au moins des parties latérales en porte-à-faux,
 - on identifie à cet endroit au moins une zone que le modèle TEHD indique comme la zone de la ou des températures les plus élevées, puis
- 10 - on crée à l'endroit de ladite zone un évidement dans ladite au moins une partie latérale en porte-à-faux.

1/4

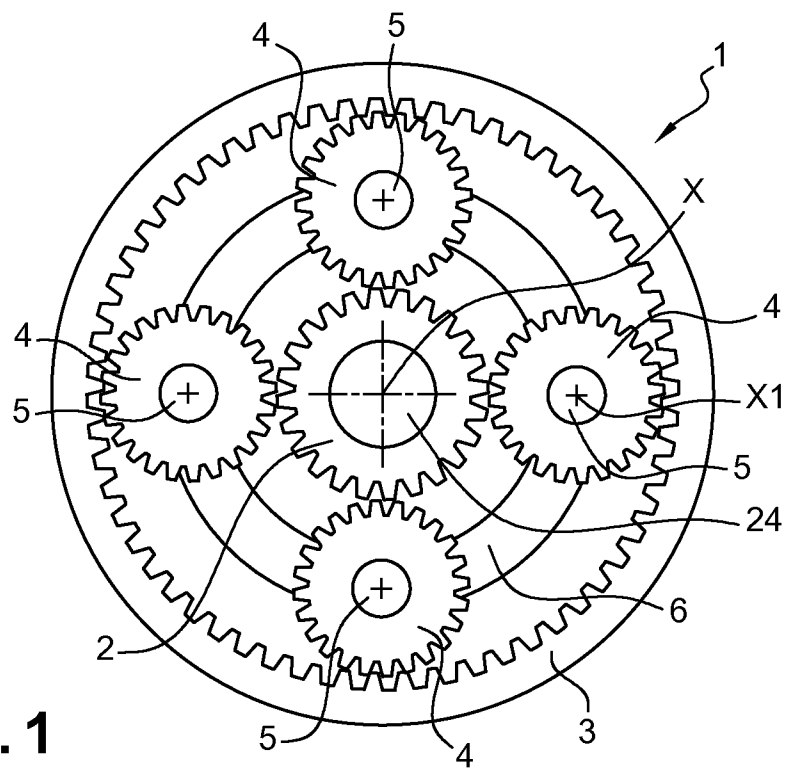


Fig. 1

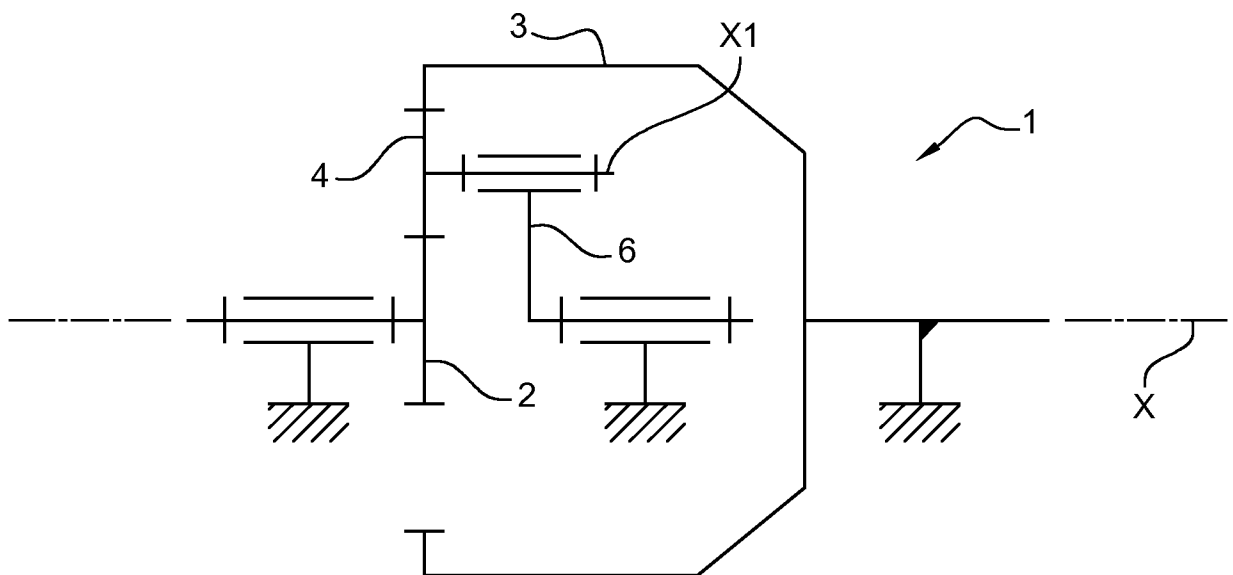


Fig. 2

2/4

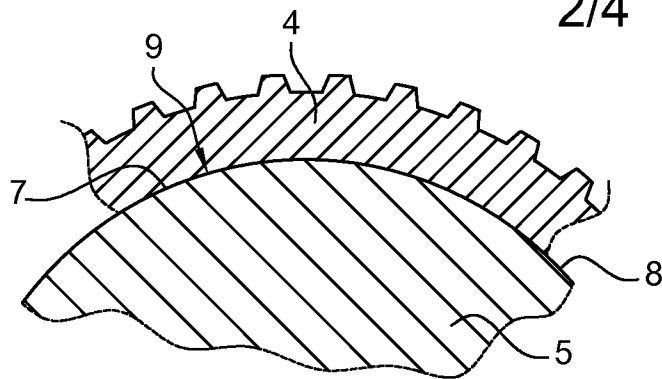


Fig. 3

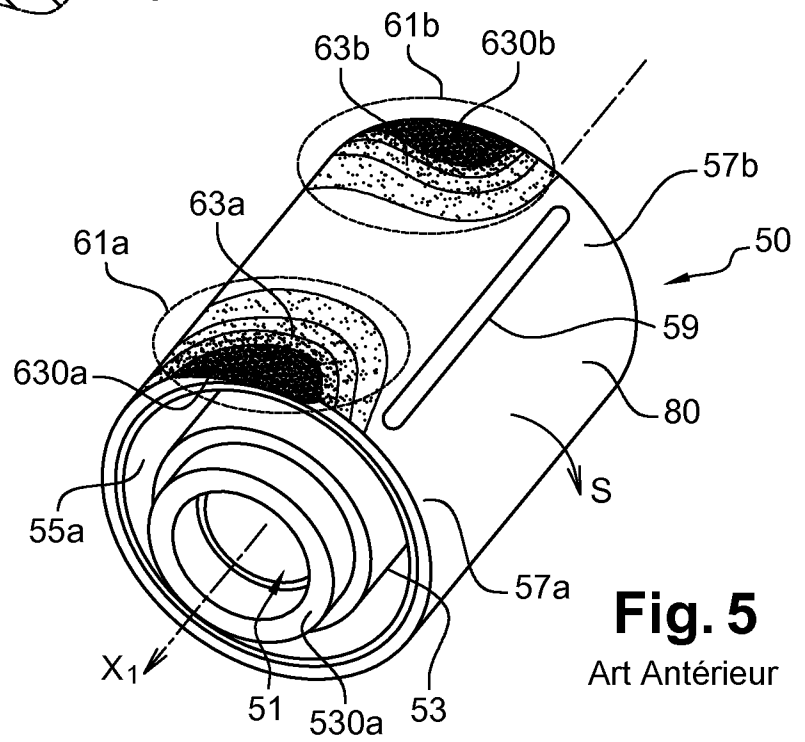
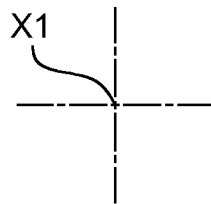


Fig. 5

Art Antérieur

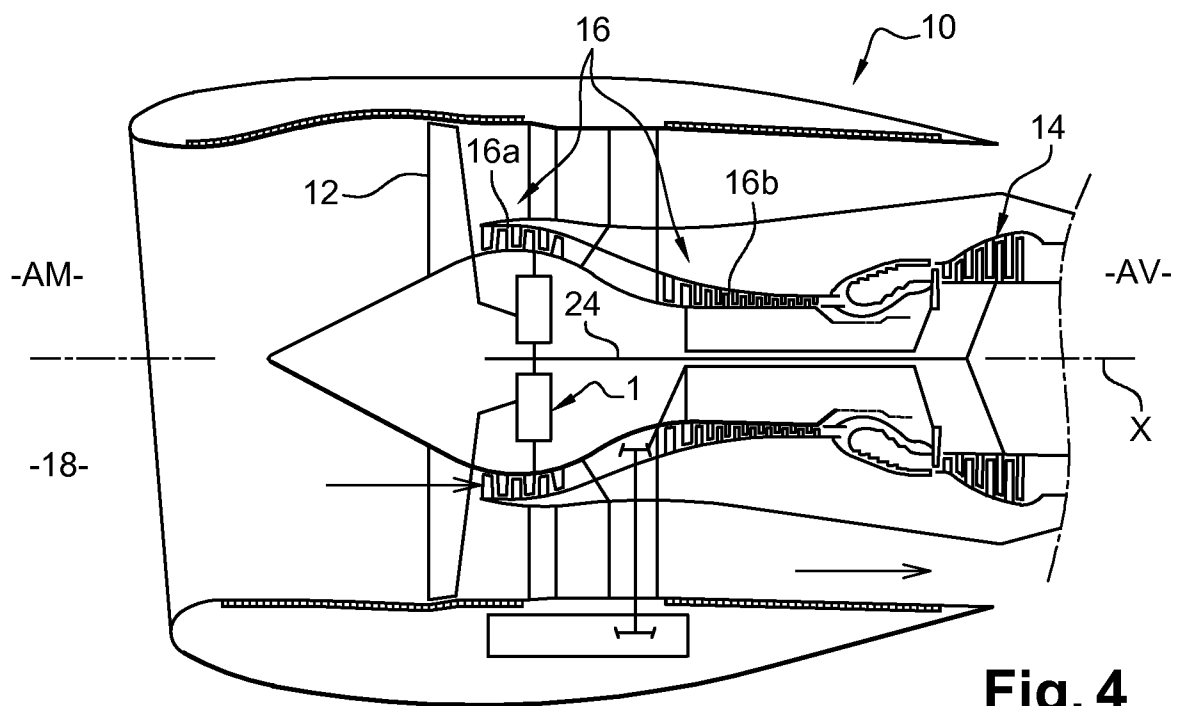


Fig. 4

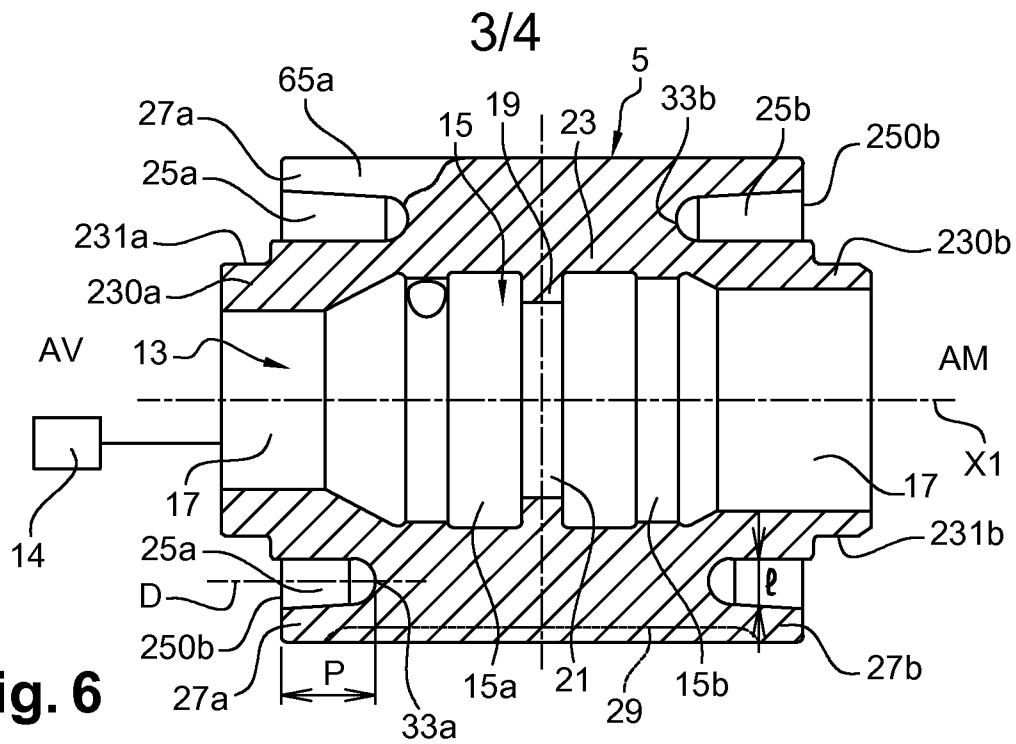


Fig. 6

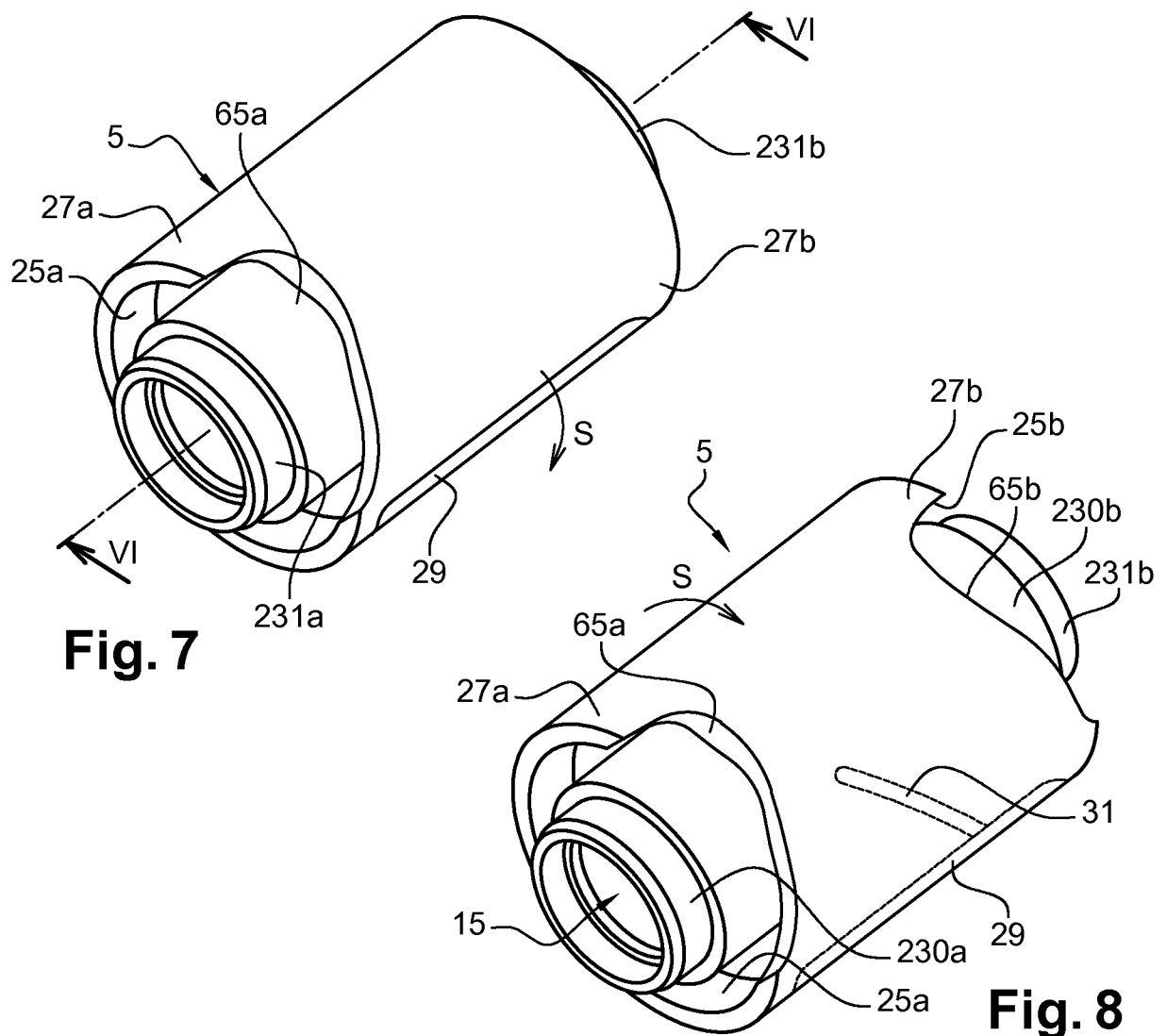


Fig. 7

Fig. 8

4/4

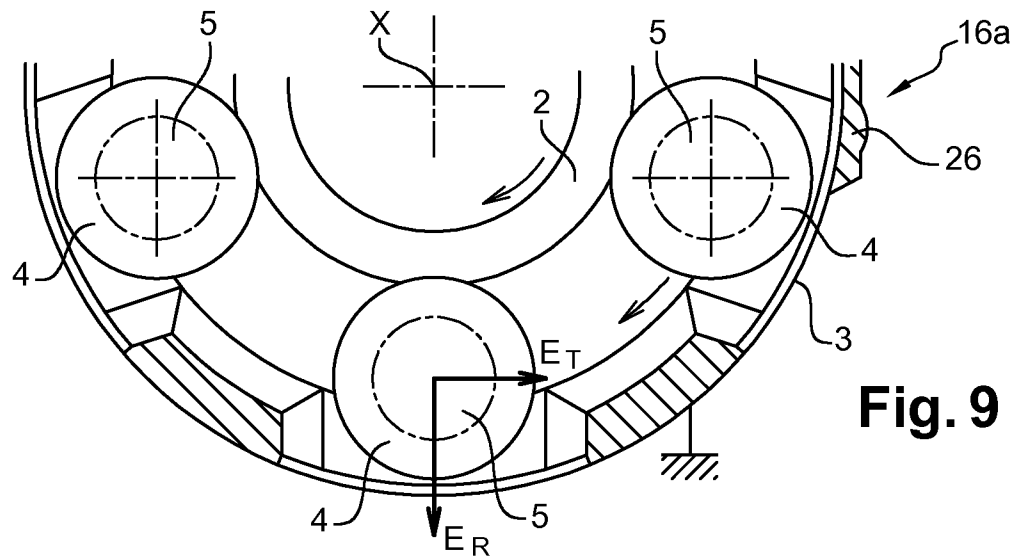


Fig. 9

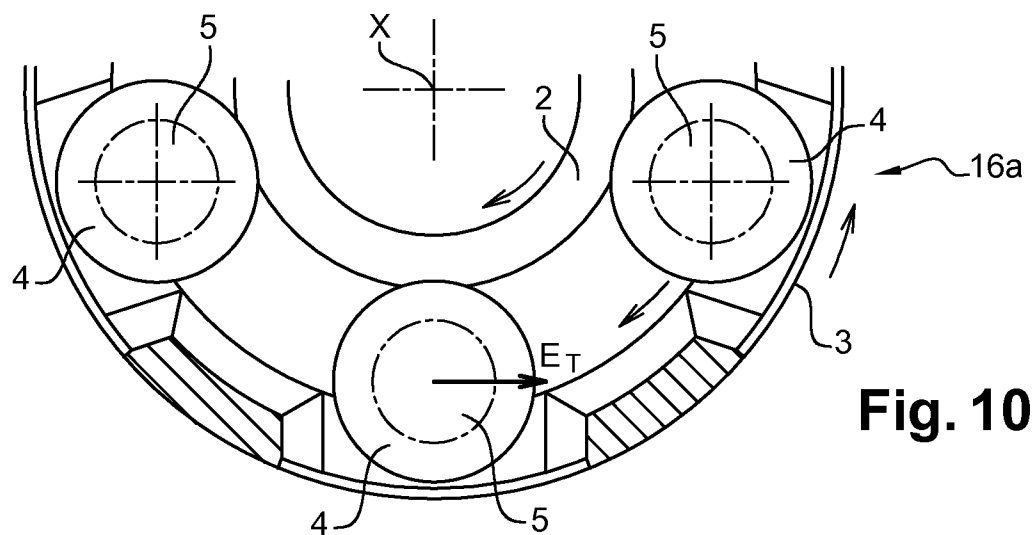


Fig. 10

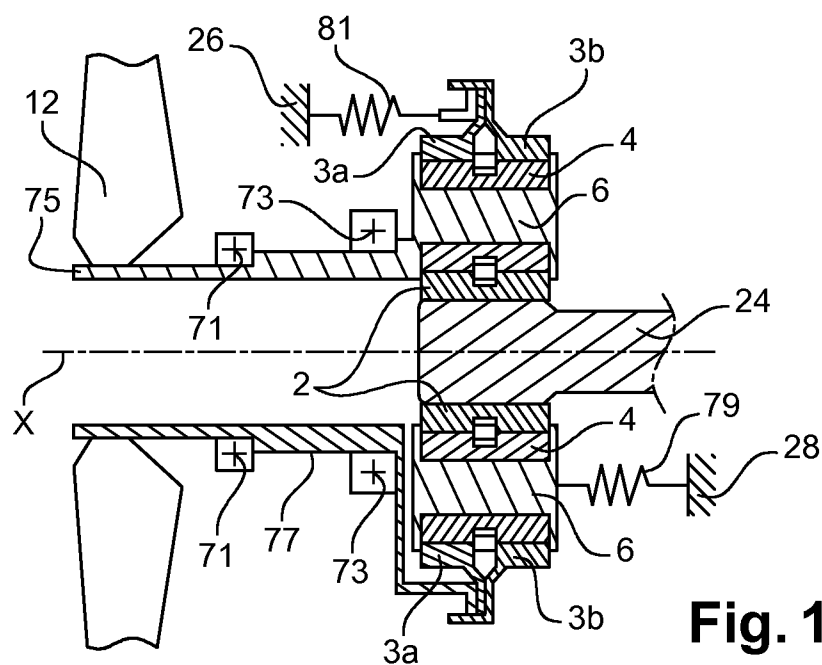


Fig. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2018/052237

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F16H1/28
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)
F16H F02C

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	FR 2 991 421 A1 (SNECMA [FR]) 6 December 2013 (2013-12-06) cited in the application figures 1-6 -----	1-11
A	EP 2 607 695 A1 (AVIO SPA [IT]) 26 June 2013 (2013-06-26) figures 1-4 -----	1-11
A	WO 2016/149814 A1 (8801541 CANADA INC [CA]) 29 September 2016 (2016-09-29) figures 1-4 -----	1-11



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

10 December 2018

Date of mailing of the international search report

19/12/2018

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

Szodfridt, Tamas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2018/052237

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2991421	A1	06-12-2013	FR 2991421 A1 06-12-2013
			GB 2504579 A 05-02-2014
			US 2013324343 A1 05-12-2013

EP 2607695	A1	26-06-2013	DK 2607695 T3 13-10-2014
			EP 2607695 A1 26-06-2013
			ES 2504118 T3 08-10-2014
			JP 6257136 B2 10-01-2018
			JP 2013174346 A 05-09-2013
			US 2013184120 A1 18-07-2013

WO 2016149814	A1	29-09-2016	CA 2980415 A1 29-09-2016
			WO 2016149814 A1 29-09-2016

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2018/052237

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. F16H1/28
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)
F16H F02C

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	FR 2 991 421 A1 (SNECMA [FR]) 6 décembre 2013 (2013-12-06) cité dans la demande figures 1-6 -----	1-11
A	EP 2 607 695 A1 (AVIO SPA [IT]) 26 juin 2013 (2013-06-26) figures 1-4 -----	1-11
A	WO 2016/149814 A1 (8801541 CANADA INC [CA]) 29 septembre 2016 (2016-09-29) figures 1-4 -----	1-11



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

10 décembre 2018

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

19/12/2018

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

Szodfridt, Tamas

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2018/052237

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2991421	A1	06-12-2013	FR 2991421 A1	06-12-2013
			GB 2504579 A	05-02-2014
			US 2013324343 A1	05-12-2013

EP 2607695	A1	26-06-2013	DK 2607695 T3	13-10-2014
			EP 2607695 A1	26-06-2013
			ES 2504118 T3	08-10-2014
			JP 6257136 B2	10-01-2018
			JP 2013174346 A	05-09-2013
			US 2013184120 A1	18-07-2013

WO 2016149814	A1	29-09-2016	CA 2980415 A1	29-09-2016
			WO 2016149814 A1	29-09-2016
