

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Dispositif et procédé améliorés pour le centrage d'ensemble annulaire de réducteur planétaire.

②② Date de dépôt : 14.10.21.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN TRANSMISSION
SYSTEMS Société par actions simplifiée — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 21.04.23 Bulletin 23/16.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 09.02.24 Bulletin 24/06.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : MARCOS IZQUIERDO Juan-Luis.

⑦③ Titulaire(s) : SAFRAN TRANSMISSION SYSTEMS
Société par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.



Description

Titre de l'invention : Dispositif et procédé améliorés pour le centrage d'ensemble annulaire de réducteur planétaire

Domaine technique

[0001] Le présent exposé concerne le domaine des réducteurs mécaniques planétaires pour turbomachines d'aéronef notamment. En particulier, le présent exposé concerne un ensemble annulaire pour réducteur planétaire, et un procédé de fabrication d'un tel ensemble.

Technique antérieure

[0002] Les réducteurs mécaniques sont couramment utilisés en mécanique, notamment dans le domaine de l'aéronautique. Leur rôle est de modifier le rapport de vitesse et de couple entre un axe d'entrée et un axe de sortie d'un système mécanique.

[0003] Les nouvelles générations de turbomachines à plusieurs flux, notamment celles ayant un haut taux de dilution, comportent un réducteur mécanique pour entraîner l'arbre d'une soufflante ou d'une hélice. De manière usuelle, le réducteur permet de transformer la vitesse de rotation, dite rapide, de l'arbre d'une turbine de puissance, en une vitesse de rotation plus lente pour l'arbre entraînant la soufflante.

[0004] Un tel réducteur comprend classiquement un pignon central, dit « pignon solaire », une couronne externe, et des pignons, dits « pignons satellites », qui sont en prise entre le pignon solaire et la couronne externe. Les pignons satellites sont maintenus par un châssis appelé porte-satellites. Le pignon solaire, la couronne externe et le porte-satellites sont des organes planétaires, car leurs axes de révolution coïncident avec l'axe longitudinal de la turbomachine. En revanche, les pignons satellites ont chacun un axe de révolution différents de l'axe de révolution de la turbomachine, et répartis à intervalles réguliers sur le même diamètre de fonctionnement autour, de l'axe des roues planétaires. Ces axes des pignons satellites sont parallèles à l'axe longitudinal de la turbomachine.

[0005] Par ailleurs, un tel réducteur comprend généralement des assemblages de pièces annulaires fixées entre elles via des liaisons bridées. Par exemple, le porte-satellites peut être relié à un carter de stator de la turbomachine par un support flexible. Ce support flexible peut être élastique et conçu pour conférer une souplesse en direction axiale, radiale et en torsion à la liaison entre le porte-satellites et le carter. Cette liaison souple assure également une transmission des efforts entre le porte-satellites et le carter.

[0006] Un aspect essentiel lors de la fabrication de ces assemblages est le centrage des différentes pièces annulaires entre elles. Or, le perçage des alésages dans les liaisons bridées de chaque pièce annulaire implique des tolérances de positionnement pour

chacun de ces alésages, pouvant nuire à la précision du centrage des brides entre elles, notamment lorsque les alésages respectifs de chaque bride ne sont pas disposés en vis-à-vis les uns des autres de manière suffisamment précise. Ces imprécisions peuvent également impliquer un défaut d'homogénéité de la répartition des efforts sur les vis lors du fonctionnement du réducteur, notamment des efforts locaux plus importants sur certaines vis en cas de glissement d'une bride dû à une surcharge.

[0007] Il existe donc un besoin pour une solution permettant de palier au moins en partie les inconvénients précités.

Exposé de l'invention

[0008] Le présent exposé concerne un ensemble annulaire pour réducteur planétaire s'étendant autour d'un axe central, comprenant une première pièce annulaire ayant une première bride, et une deuxième pièce annulaire ayant une deuxième bride fixée à la première bride par l'intermédiaire de moyens de fixation traversant des alésages répartis circonférentiellement autour de l'axe central et traversant la première bride et la deuxième bride, la première bride comprenant au moins un premier moyen de positionnement angulaire et la deuxième bride comprenant au moins un deuxième moyen de positionnement angulaire associé à l'au moins un premier moyen de positionnement angulaire, le premier moyen de positionnement angulaire (114) et le deuxième moyen de positionnement angulaire (124) étant distincts des moyens de fixation et des alésages, et une surface du premier moyen de positionnement angulaire étant en contact avec une surface du deuxième moyen de positionnement angulaire dans une direction azimutale.

[0009] Dans le présent exposé, les termes « radial », « axial », « azimutal », « circonférentiel » et leurs dérivés s'entendent par rapport à l'axe central de l'ensemble annulaire. En particulier, la direction azimutale est une direction « tournant autour » de l'axe central. Par ailleurs, la première pièce annulaire et la deuxième pièce annulaire sont de préférence axisymétriques autour de l'axe central.

[0010] On comprend que chacune de la première bride et de la deuxième bride comprend des alésages disposés respectivement en vis-à-vis les uns des autres, de telle sorte que les moyens de fixation, par exemple des boulons ou des ensembles vis-écrou, passent à travers la première bride et la deuxième bride via ces alésages, de manière à serrer la première bride et la deuxième bride l'une contre l'autre.

[0011] Compte tenu du fait qu'une surface du premier moyen de positionnement angulaire est en contact, en d'autres termes en butée, avec une surface du deuxième moyen de positionnement angulaire, une rotation de la première bride par rapport à la deuxième bride dans la direction azimutale, dans un sens de rotation au moins, est empêchée. Un positionnement angulaire précis entre les différentes pièces annulaires est ainsi obtenu.

Cela permet notamment d'améliorer la répartition des efforts exercés sur les moyens de fixation lors du fonctionnement du réducteur et de limiter le risque de surcharge locale sur les moyens de fixation. De plus, le contact entre les surfaces des moyens de positionnement permet de créer un chemin d'effort supplémentaire, allégeant par conséquent les efforts transitant à travers les moyens de fixation, ce qui permet de protéger ces derniers et d'améliorer leur durée de vie en conséquence.

- [0012] Dans certains modes de réalisation, la première bride comprend trois premiers moyens de positionnement angulaire, et la deuxième bride comprend trois deuxièmes moyens de positionnement angulaire associés chacun à un des premiers moyens de positionnement angulaire.
- [0013] On comprend dans cette configuration qu'une surface de chacun des premiers moyens de positionnement angulaire est en contact avec une surface d'un des deuxièmes moyens de positionnement angulaire. Il est ainsi possible d'améliorer davantage la précision du positionnement angulaire de la première pièce annulaire par rapport à la deuxième pièce angulaire, et donc la précision du centrage des brides entre elles. Il est également ainsi possible de créer des chemins d'effort supplémentaires, protégeant davantage les moyens de fixation.
- [0014] Dans certains modes de réalisation, le premier moyen de positionnement angulaire est une encoche radiale formée dans l'une de la première bride ou de la deuxième bride, et le deuxième moyen de positionnement angulaire est une protubérance axiale formée sur l'autre de la première bride ou de la deuxième bride, la protubérance axiale étant disposée dans l'encoche radiale.
- [0015] L'encoche radiale peut par exemple être formée depuis une extrémité radiale de la première bride. Par ailleurs, la protubérance axiale peut être une excroissance formée sur une face axiale de la deuxième bride, ladite face axiale étant disposée en vis-à-vis de la première bride, dans la direction axiale. On comprend ainsi que la première pièce annulaire et la deuxième pièce annulaire sont disposées l'une par rapport à l'autre de manière à ce que la protubérance axiale soit logée dans l'encoche radiale. En particulier, on comprend que la première et la deuxième pièce annulaire sont disposées l'une par rapport à l'autre dans la direction azimutale de telle sorte qu'une surface d'une paroi de la protubérance axiale soit en contact avec une surface d'une paroi de l'encoche radiale. Il est ainsi possible de former les moyens de positionnement angulaire par des artéfacts géométriques simples sur les première et deuxième brides.
- [0016] On notera que cette configuration des moyens de positionnement angulaire n'est pas limitative, d'autres géométries pouvant être envisagées. Ainsi, dans certains modes de réalisation, le premier moyen de positionnement angulaire est une protubérance radiale formée sur une extrémité radiale de la première bride, et le deuxième moyen de positionnement angulaire est une protubérance axiale formée sur la deuxième bride.

- [0017] De manière alternative, un orifice circulaire peut être formé axialement dans la première bride, à travers lequel est disposée une protubérance cylindrique s'étendant axialement depuis la face axiale de la deuxième bride.
- [0018] Dans certains modes de réalisation, la première bride comprend trois encoches radiales, et la deuxième bride comprend trois protubérances axiales disposées chacune dans une des trois encoches radiales. De manière alternative, les première et deuxième brides peuvent comprendre plus de trois encoches radiales et plus de trois protubérances axiales respectivement. Le fait d'augmenter le nombre d'encoches radiales et de protubérances axiales augmente la précision nécessaire pour fabriquer les pièces, mais améliore par conséquent la précision du positionnement des pièces entre elles.
- [0019] Dans certains modes de réalisation, la première pièce annulaire est un porte-cage de réducteur planétaire, et la deuxième pièce annulaire est un support flexible fixé au porte-cage et destiné à être fixé à un carter de stator.
- [0020] Dans certains modes de réalisation, les moyens de fixation sont des boulons axiaux, le premier et le deuxième moyen de positionnement angulaire étant disposés entre deux boulons axiaux circonférentiellement adjacents.
- [0021] Le présent exposé concerne également un réducteur planétaire comprenant un ensemble annulaire selon l'un quelconque des modes de réalisation précédents.
- [0022] Le présent exposé concerne également un procédé de fabrication d'un ensemble annulaire pour réducteur planétaire s'étendant autour d'un axe central et comprenant une première pièce annulaire ayant une première bride, et une deuxième pièce annulaire ayant une deuxième bride destinée à être fixée à la première bride, le procédé comprenant :
- la fabrication de la première pièce annulaire de manière à prévoir au moins un premier moyen de positionnement angulaire sur la première bride, et de la deuxième pièce annulaire de manière à prévoir au moins un deuxième moyen de positionnement angulaire sur la deuxième bride,
 - le positionnement axial dans lequel la première bride vient en contact avec la deuxième bride dans une direction axiale,
 - la rotation relative de la première pièce annulaire par rapport à la deuxième pièce annulaire de manière à ce qu'une surface du premier moyen de positionnement angulaire vienne en contact avec une surface du deuxième moyen de positionnement angulaire dans une direction azimutale,
 - le perçage d'alésages répartis circonférentiellement autour de l'axe central à travers la première bride et la deuxième bride et l'insertion de moyens de fixation dans les alésages, tout en maintenant un couple entre la première et la deuxième pièce annulaire de manière à maintenir la surface du premier moyen de positionnement angulaire et la surface du deuxième moyen de positionnement en contact l'une avec l'autre, le

premier et le deuxième moyen de positionnement angulaire étant distincts des moyens de fixation et des alésages.

[0023] On comprend, selon ce procédé, que lors du positionnement axial, la première pièce annulaire et la deuxième pièce annulaire sont déplacées relativement l'une par rapport à l'autre selon l'axe central, de telle sorte qu'une face axiale de la première bride vienne en contact avec une face axiale de la deuxième bride. Ensuite, la première pièce annulaire, par exemple, est mise en rotation autour de l'axe central de telle sorte que le premier moyen de positionnement angulaire se déplace dans la direction azimutale, jusqu'à ce qu'une surface de ce dernier vienne en contact, c'est-à-dire en butée, avec une surface du deuxième moyen de positionnement angulaire. On notera qu'il est également possible de maintenir la première pièce annulaire en position fixe, et de mettre en rotation la deuxième pièce annulaire par rapport à la première pièce annulaire, autour de l'axe central.

[0024] Lorsque les surfaces respectives du premier et du deuxième moyen de positionnement angulaire sont en contact l'une avec l'autre, la première bride et la deuxième bride sont alors dans une position angulaire prédéterminée l'une par rapport à l'autre. Le maintien d'un couple entre la première et la deuxième pièce annulaire, de manière à maintenir ces surfaces en contact, permet de maintenir cette position angulaire prédéterminée des brides entre elles. Les alésages permettant de recevoir les moyens de fixation sont alors usinés à travers la première bride et la deuxième bride, tout en maintenant ce couple. Plus précisément, pour chaque alésage, un orifice axial est réalisé en une seule opération, à travers la première bride et la deuxième bride plaquées axialement l'une contre l'autre, les moyens de positionnement angulaire étant également plaqués les uns contre les autres dans la direction azimutale. Cette opération est réalisée de préférence sur toute la circonférence des brides, autour de l'axe central. On comprend par ailleurs par « distincts des moyens de fixation et des alésages », que les alésages sont usinés à travers les brides à des positions où les premier et deuxième moyens de positionnement angulaire ne se trouvent pas.

[0025] Ainsi, contrairement à une configuration dans laquelle les alésages sont réalisés séparément sur chacune des pièces annulaires qui sont ensuite fixées l'une à l'autre en mettant en vis-à-vis chacun de leurs alésages respectivement, engendrant des incertitudes de positionnement, les deux brides sont, selon ce procédé, usinées ensembles, en une même opération, en maintenant une position angulaire prédéterminée entre celles-ci grâce aux moyens de positionnement angulaire. Ainsi, la précision du positionnement axial de chacun des alésages respectifs de la première et de la deuxième bride, en vis-à-vis les uns avec les autres, est significativement améliorée. Cela permet, par conséquent, d'améliorer le centrage des pièces annulaires l'une par rapport à l'autre.

- [0026] En outre, une meilleure répartition des efforts transitant à travers les moyens de fixation lorsque le réducteur est en fonctionnement est également permise, cette répartition étant en effet plus homogène. Comme indiqué précédemment, le contact entre les moyens de positionnement angulaire constitue également un chemin d'effort supplémentaire, permettant de diminuer les efforts transitant dans les moyens de fixation, et ainsi d'améliorer la tenue mécanique de ces derniers.
- [0027] Dans certains modes de réalisation, la première pièce annulaire et la deuxième pièce annulaire sont fabriquées par fabrication additive de manière à prévoir le au moins un premier moyen de positionnement angulaire et le au moins un deuxième moyen de positionnement angulaire.
- [0028] De manière alternative, les moyens de positionnement angulaire pourraient être réalisés après la fabrication des pièces annulaires, par exemple en usinant des encoches dans l'une des deux pièces annulaires, et en soudant des protubérances dans l'autre des deux pièces. Néanmoins, la fabrication additive constitue un moyen simple et peu coûteux de réaliser les moyens de positionnement angulaire, en une seule opération lors de la fabrication des pièces annulaires elles-mêmes. Les moyens de positionnement angulaire étant ainsi formés en un seul et même bloc avec le reste des pièces annulaires, ce mode de fabrication permet ainsi également d'améliorer la rigidité des moyens de positionnement angulaire, et donc leur tenue mécanique.
- [0029] Dans certains modes de réalisation, le premier moyen de positionnement angulaire est une encoche radiale formée dans l'une de la première bride ou de la deuxième bride, et le deuxième moyen de positionnement angulaire est une protubérance axiale formée sur l'autre de la première bride ou de la deuxième bride, le positionnement axial comprenant la disposition de la protubérance axiale dans l'encoche radiale.
- [0030] En d'autres termes, les faces axiales respectives de la première et de la deuxième bride sont mises en contact l'une avec l'autre, en faisant en sorte que la protubérance axiale, présente sur la face axiale de la deuxième bride (par exemple), s'insère dans l'encoche radiale formée sur la première bride (par exemple). En outre, ces artéfacts géométriques formés sur les première et deuxième brides présentent l'avantage d'être simples à fabriquer, notamment par fabrication additive.
- [0031] Dans certains modes de réalisation, lors du perçage des alésages, un premier outillage maintient l'une de la première pièce annulaire ou de la deuxième pièce annulaire en position fixe, et un deuxième outillage maintient l'autre de la première pièce annulaire ou de la deuxième pièce annulaire en exerçant un couple sur celle-ci, de manière à maintenir lesdites surfaces des moyens de positionnement angulaire en contact l'une avec l'autre.
- [0032] On comprendra que le premier outillage et/ou le deuxième outillage permet également de maintenir la première bride et la deuxième bride plaquée axialement

l'une contre l'autre. En outre, pendant que les premier et deuxième outillages maintiennent les pièces comme indiqué ci-dessus, un troisième outillage peut être utilisé pour percer successivement chacun des alésages à travers la première bride et la deuxième bride, en se déplaçant autour de l'axe central dans la direction azimutale.

[0033] Après l'usinage des alésages par le troisième outillage, les moyens de fixation sont ensuite disposés dans les alésages, de manière à fixer la première pièce annulaire et la deuxième pièce annulaire entre elles. Cette opération est de préférence réalisée également pendant que les premier et deuxième outillages maintiennent les pièces comme indiqué ci-dessus. De manière alternative, la mise en place des moyens de fixation peut être effectuée alors que le deuxième outillage ne maintient plus le couple comme indiqué ci-dessus.

Brève description des dessins

[0034] L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description détaillée faite ci-après de différents modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs. Cette description fait référence aux pages de figures annexées, sur lesquelles :

[0035] [Fig.1] La [Fig.1] est un plan en coupe axiale d'une turbomachine comprenant un réducteur planétaire selon l'exposé,

[0036] [Fig.2] La [Fig.2] représente une vue en perspective d'un ensemble annulaire selon l'exposé,

[0037] [Fig.3] La [Fig.3] représente une vue détaillée de l'ensemble annulaire de la [Fig.2],

[0038] [Fig.4] La [Fig.4] représente une vue en perspective d'un porte-cage fabriqué au cours d'un procédé selon l'exposé,

[0039] [Fig.5] La [Fig.5] représente une vue détaillée du porte-cage de la [Fig.4],

[0040] [Fig.6] La [Fig.6] représente une vue en perspective d'un support flexible fabriqué au cours d'un procédé selon l'exposé,

[0041] [Fig.7] La [Fig.7] représente une vue détaillée du support flexible de la [Fig.6],

[0042] [Fig.8] La [Fig.8] représente une vue en perspective d'un positionnement axial du porte-cage de la [Fig.4] et du support flexible de la [Fig.6],

[0043] [Fig.9] La [Fig.9] représente une vue en perspective d'une mise en rotation du porte-cage de la [Fig.4] par rapport au support flexible de la [Fig.6],

[0044] [Fig.10] La [Fig.10] représente schématiquement, dans une vue de face, le positionnement relatif des moyens de positionnement angulaire du porte-cage et du support flexible selon un mode de réalisation,

[0045] [Fig.11] La [Fig.11] représente l'ensemble annulaire de la [Fig.9], après une étape de perçage d'alésages,

[0046] [Fig.12] La [Fig.12] représente schématiquement les différentes étapes d'un procédé

selon l'exposé,

- [0047] [Fig.13] La [Fig.13] représente schématiquement, dans une vue de face, le positionnement relatif des moyens de positionnement angulaire du porte-cage et du support flexible selon un mode de réalisation modifié.

Description des modes de réalisation

- [0048] La [Fig.1] représente, en coupe selon un plan vertical passant par son axe principal A, un turboréacteur à double flux à réducteur 1 selon l'exposé. Il comporte, d'amont en aval selon la circulation du flux d'air, une soufflante 2, un compresseur basse-pression 3, un compresseur haute-pression 4, une chambre de combustion 5, une turbine haute-pression 6, et une turbine basse-pression 7.
- [0049] Dans un tel turboréacteur à réducteur 1, la turbine haute-pression 6 entraîne le compresseur haute-pression 4 à l'aide d'un arbre haute-pression 8. La turbine basse-pression 7, également appelée turbine rapide, entraîne quant à elle le compresseur basse-pression 3, également appelé compresseur rapide, à l'aide d'un arbre basse-pression 9. La turbine rapide 7 entraîne également la soufflante 2 par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse 10. De cette manière, la soufflante 2 peut être entraînée à vitesse réduite, ce qui est favorable du point de vue aérodynamique, tandis que le compresseur basse-pression 4 peut être entraîné à vitesse plus importante, ce qui est favorable d'un point de vue thermodynamique. Le réducteur de vitesse peut être un réducteur mécanique planétaire. De manière alternative, le réducteur mécanique peut être un réducteur à train épicycloïdal, ou un réducteur différentiel. On notera en outre que l'invention s'applique aux réducteurs mécaniques présentant des dentures droites, hélicoïdales ou en chevron, et comprenant des porte-satellites monoblocs ou de type « cage et porte-cage ».
- [0050] Dans le mode de réalisation décrit dans la suite de la description, le porte-satellites est de type « cage et porte-cage ». On s'intéresse en particulier à l'ensemble annulaire permettant la fixation du porte-satellites à un élément de stator de la turbomachine, l'ensemble annulaire comprenant le porte-cage et un support flexible. En effet, le porte-satellite est relié à l'élément de stator de la turbomachine par des éléments d'interface. La répartition des charges aux différents satellites du réducteur nécessite une certaine flexibilité de ces éléments d'interface. Le support flexible permet cette flexibilité. Ainsi, afin de simplifier la description qui suit, seuls le porte-cage et le support flexible sont représentés sur les figures, la cage et les différents éléments du réducteur n'étant pas représentés. Le document EP 1 464 869 A1 décrit un exemple de réducteur mécanique et de porte-satellites de type « cage et porte-cage ».
- [0051] Un tel ensemble annulaire 100 selon un mode de réalisation est représenté sur la [Fig.2]. Cet ensemble s'étend autour d'un axe central X et comprend, comme première

pièce annulaire, un porte-cage 110, et comme deuxième pièce annulaire, un support flexible 120 configuré pour être fixé sur un élément de stator, par exemple un carter (non représenté) de la turbomachine 1. Le porte-cage 110 est fixé au support flexible 120 par l'intermédiaire d'une pluralité de boulons ou d'ensembles vis/écrous 130 (nommés plus simplement vis 130 dans la suite de la description), comme moyens de fixation, répartis circonférentiellement autour de l'axe central X.

[0052] Plus précisément, le porte-cage 110 comprend une première bride 112 annulaire dont une face axiale (masquée sur la [Fig.2]) est en contact avec une face axiale d'une deuxième bride 122 du support flexible 120. Ainsi, le porte-cage 110 et le support flexible 120 sont fixés ensemble par l'intermédiaire de la première bride 112, de la deuxième bride 122, et des vis 130 traversant chacune la première bride 112 et la deuxième bride 122 via des alésages axiaux (non visibles sur la [Fig.2]) présents dans ces brides.

[0053] On notera que les termes « radial », « axial », « azimutal », « circonférentiel » et leurs dérivés s'entendent par rapport à l'axe central X de l'ensemble annulaire 100. En particulier, la direction azimutale est une direction « tournant autour » de l'axe central X, et les faces axiales sont comprises dans un plan perpendiculaire à l'axe central X.

[0054] Des moyens de positionnement angulaire, plus visibles sur la [Fig.3], sont également prévus sur chacune de la première bride 112 et de la deuxième bride 122. Plus précisément, la première bride 112 comprend au moins une, dans le présent mode de réalisation exactement trois, encoches radiales 114 comme premiers moyens de positionnement angulaire. De même, la deuxième bride 122 comprend au moins une, dans le présent mode de réalisation exactement trois, protubérances axiales 124 comme deuxièmes moyens de positionnement angulaire.

[0055] La première bride 112 et la deuxième bride 122 sont fixées l'une à l'autre de telle sorte que les protubérances axiales 124 soient disposées dans les encoches radiales 114, et de telle sorte qu'une surface d'au moins une paroi des protubérances axiales 124 soit en contact avec une surface correspondante d'au moins une paroi des encoches radiales 114. Les surfaces considérées sont des surfaces latérales respectives de l'encoche et de la protubérance, autrement dit des surfaces s'étendant dans un plan perpendiculaire à la direction azimutale. Dans cet exemple, les encoches radiales 114 et les protubérances axiales 224 ont une forme rectangulaire, complémentaires l'une de l'autre. On notera que cet exemple n'est pas limitatif, d'autres géométries pouvant être envisagées, dès lors des surfaces respectivement des encoches et des protubérances soient en contact l'une avec l'autre dans la direction azimutale.

[0056] Un procédé de fabrication de l'ensemble annulaire 100 va être décrit dans la suite de la description, en référence aux figures 4 à 12.

[0057] Dans un premier temps, le porte-cage 110 et le support flexible 120 sont fabriqués

séparément (étape S100). Chacune de ces pièces peut être fabriquée par fabrication additive. Au cours de cette étape, ces pièces sont fabriquées de manière à prévoir les moyens de positionnement angulaire.

- [0058] Plus précisément, au cours de la fabrication du porte-cage 110, des encoches radiales 114 (trois encoches radiales 114 dans cet exemple), sont prévues dans la première bride 112. Ces encoches radiales 114 s'étendent depuis une extrémité radiale externe de la première bride 112, de manière à former une première paroi latérale 114a et une deuxième paroi latérale 114b. Ces parois latérales 114a, 114b s'étendent perpendiculairement à la direction azimutale.
- [0059] Par ailleurs, au cours de la fabrication du support flexible 120, des protubérances axiales 124 (trois protubérances axiales 124 dans cet exemple), sont prévues sur la deuxième bride 122, ces protubérances axiales 124 ayant une forme complémentaire des encoches radiales 114. Ces protubérances axiales 124 s'étendent axialement depuis une face axiale de la deuxième bride 122, de manière à comprendre une première paroi latérale 124a et une deuxième paroi latérale 124b. Ces parois latérales 124a, 124b s'étendent dans un plan perpendiculaire à la direction azimutale.
- [0060] Les encoches radiales 114 et les protubérances axiales 124 peuvent être fabriquées au cours de la fabrication des brides 112, 114 par fabrication additive comme indiqué ci-dessus. De manière alternative, les encoches radiales 114 et les protubérances axiales 124 peuvent être rapportées aux brides 112, 114 après la fabrication de celles-ci, par exemple par soudure. L'utilisation de la fabrication additive n'est en outre pas limitative, les brides 112, 114, comprenant les encoches radiales 114 et les protubérances axiales 124, pouvant également être fabriquées par moulage, par fonderie, ou tout autre procédé adapté.
- [0061] Après leur fabrication, le porte-cage 110 et le support flexible 120 sont positionnés axialement l'un par rapport à l'autre (étape S200). Ce positionnement est symbolisé par la flèche sur la [Fig.8]. Au cours de cette étape, une face axiale de la première bride 112 est mise en contact avec la face axiale de la deuxième bride 122 comprenant les protubérances axiales 124. Plus précisément, ce positionnement est effectué de telle sorte que chacune des protubérances axiales 124 viennent se positionner dans une encoche radiale 114.
- [0062] Ensuite, une rotation du porte-satellite 110, par exemple, autour de l'axe central est effectuée (étape S300). Cette rotation est symbolisée par la flèche sur la [Fig.9]. Par exemple, un premier outillage (non représenté) maintient en position fixe le support flexible 120, pendant qu'un deuxième outillage (non représenté) exerce un couple sur le porte-cage 110 dans un sens horaire, entraînant ce dernier en rotation autour de l'axe central X, le positionnement axial de chacune des deux pièces étant par ailleurs maintenu par ces outillages. Cette mise en rotation entraîne un déplacement relatif,

dans la direction azimutale, des protubérances axiales 124 dans les encoches radiales 114, de telle sorte que la surface de la première paroi 124a (ou de la deuxième paroi 124b selon le sens de rotation) des protubérances axiales 124 vienne en contact, ou en butée, avec la surface de la première paroi 114a (ou de la deuxième paroi 114b selon le sens de rotation) des encoches radiales 114, cette position étant maintenue par le deuxième outillage qui maintient le couple exercé sur le porte-outil 110.

[0063] On notera que, bien que dans l'exemple représenté sur la [Fig.3], l'encoche radiale 114 et la protubérance axiale 124 aient des dimensions sensiblement identiques, une largeur de la protubérance 124, c'est-à-dire une dimension selon la direction azimutale, peut être légèrement inférieure à la largeur de l'encoche radiale 114 dans laquelle elle se trouve, impliquant l'existence d'un jeu entre les parois latérales de l'encoche et de la protubérance. Même si ce jeu peut être faible, de l'ordre du micron, cette différence, pouvant entraîner des mouvements de faibles amplitudes des pièces entre elles au cours de l'usinage ultérieur des alésages, peut donc nuire à la précision du centrage des pièces entre elles.

[0064] On comprend ainsi, selon l'exposé, que la surface de la paroi latérale 124a de la protubérance axiale 124 est mise en contact avec la surface correspondante de la paroi latérale 114a de l'encoche radiale 114, de telle sorte à combler le jeu d'un côté de la protubérance, et d'augmenter par conséquent le jeu J existant entre les parois latérales de la protubérance et de l'encoche, de l'autre côté de la protubérance. Afin de faciliter la compréhension, ce jeu J est volontairement accentué sur la [Fig.10], qui représente schématiquement une encoche radiale 114 et une protubérance 124, dans une vue de face, c'est-à-dire selon l'axe central X. On comprend également que le couple constant exercé sur le porte-outil 110 permet de maintenir les parois respectives 114a et 124a des encoches radiales 114 et des protubérances axiales 124 appuyées les unes contre les autres. En d'autres termes, même un faible couple exercé sur le porte-outil 110 permet à la première paroi 124a d'exercer une force sur la première paroi 114a, suffisante pour maintenir une position angulaire fixe entre le porte-outil 110 et le support flexible 120.

[0065] Alors que le porte-outil 110 et le support flexible 120 sont maintenus dans cette position, et tout en maintenant le couple exercé sur le porte-outil 110, des alésages 116, 126, visibles sur la [Fig.11], sont réalisés à travers le première bride 112 et la deuxième bride 126 (étape S400). Plus précisément, pour réaliser un alésage, un troisième outil (non représenté), par exemple un foret, perce un orifice en une opération, à travers la première bride 112 et la deuxième bride 122, de telle sorte à former un premier alésage 116 dans la première bride 112, et un deuxième alésage 126 (masqué sur la [Fig.11]) dans la deuxième bride 122. On comprend ainsi que le deuxième alésage 126 est formé dans la continuité du premier alésage 116, qui sont donc coaxiaux et alignés de

manière précise. En d'autres termes, le premier et le deuxième alésage 116, 126 forment ensemble un unique alésage traversant à la fois la première et la deuxième bride. Cette opération est répétée par le troisième outillage sur la circonférence des brides, autour de l'axe central X.

- [0066] Une fois que les alésages 116, 126 sont réalisés, les vis 130 sont mises en place au travers de ces derniers, de manière à fixer axialement le porte-outil 110 et le support flexible 120 entre eux (étape S500), et de manière à obtenir la configuration re-présentée sur la [Fig.3]. On notera que cette opération est de préférence réalisée alors que le couple exercé sur le porte-outil 110 est toujours maintenu, afin de conserver le centrage précis des alésages 116, 126 et de garder le positionnement angulaire des pièces entre elles pendant l'installation des vis 130. De manière alternative, les vis 130 peuvent être mises en place après extraction du porte-outil 110 et du support flexible 120 du premier et du deuxième outillage respectivement.
- [0067] Bien que la présente invention ait été décrite en se référant à des exemples de réalisation spécifiques, il est évident que des modifications et des changements peuvent être effectués sur ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications. En particulier, la forme et la configuration des moyens de positionnement angulaire n'est pas limitée, tant que l'effet décrit précédemment est obtenu. Par exemple, ainsi qu'illustré sur la [Fig.13], le premier moyen de positionnement angulaire peut être une protubérance radiale 114' formée sur une extrémité radiale de la première bride 112 à la place de l'encoche 114 décrite ci-dessus, et le deuxième moyen de positionnement angulaire peut-être une protubérance axiale 124' formée sur la deuxième bride 122, similaire à la protubérance 124 décrite ci-dessus mais avec un positionnement radial différent, et dont une paroi vient en appui avec la protubérance radiale 114'. En outre, des caractéristiques individuelles des différents modes de réalisation illustrés/mentionnés peuvent être combinées dans des modes de réalisation additionnels. Par conséquent, la description et les dessins doivent être considérés dans un sens illustratif plutôt que restrictif.
- [0068] Il est également évident que toutes les caractéristiques décrites en référence à un procédé sont transposables, seules ou en combinaison, à un dispositif, et inversement, toutes les caractéristiques décrites en référence à un dispositif sont transposables, seules ou en combinaison, à un procédé.

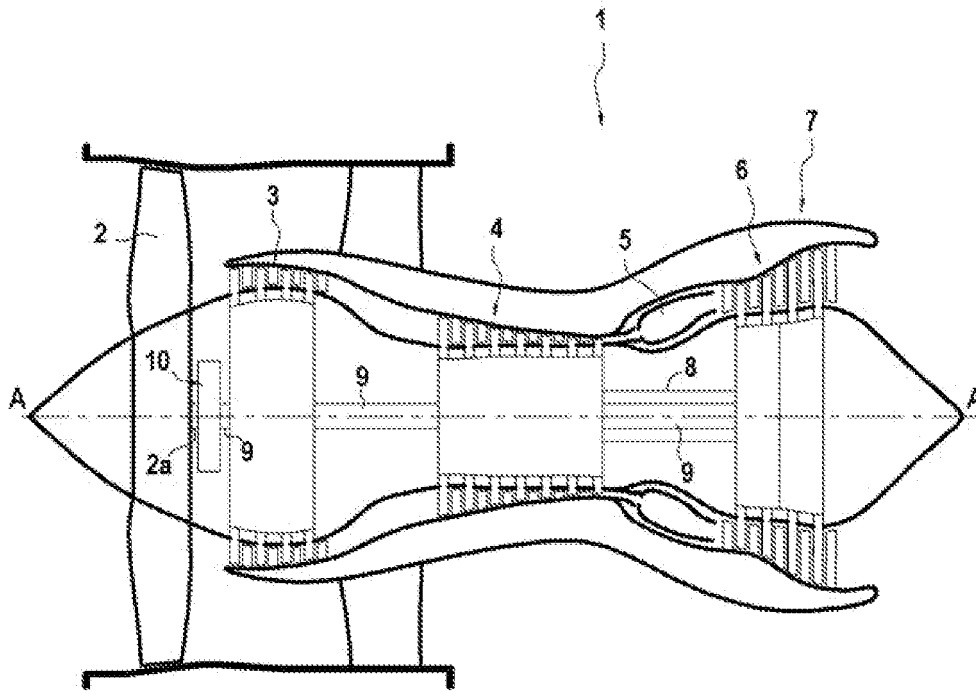
Revendications

- [Revendication 1] Ensemble annulaire (100) pour réducteur planétaire s'étendant autour d'un axe central (X), comprenant une première pièce annulaire (110) ayant une première bride radiale (112), et une deuxième pièce annulaire (120) ayant une deuxième bride radiale (122) fixée à et en contact avec la première bride radiale par l'intermédiaire de moyens de fixation (130) traversant des alésages (116, 126) répartis circonférentiellement autour de l'axe central (X) et traversant la première bride radiale et la deuxième bride radiale, la première bride radiale (112) comprenant au moins un premier moyen de positionnement angulaire (114) et la deuxième bride radiale (122) comprenant au moins un deuxième moyen de positionnement angulaire (124) associé à l'au moins un premier moyen de positionnement angulaire (114), le premier moyen de positionnement angulaire (114) et le deuxième moyen de positionnement angulaire (124) étant distincts des moyens de fixation et des alésages, et une surface du premier moyen de positionnement angulaire (114) étant en contact avec une surface du deuxième moyen de positionnement angulaire (124) dans une direction azimutale.
- [Revendication 2] Ensemble annulaire (100) selon la revendication 1, dans lequel la première bride radiale (112) comprend trois premiers moyens de positionnement angulaire (114), et la deuxième bride radiale (122) comprend trois deuxièmes moyens de positionnement angulaire (124) associés chacun à un des premiers moyens de positionnement angulaire (114).
- [Revendication 3] Ensemble annulaire (100) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le premier moyen de positionnement angulaire (114) est une encoche radiale formée dans l'une de la première bride radiale (112) ou de la deuxième bride radiale (122), et le deuxième moyen de positionnement angulaire (124) est une protubérance axiale formée sur l'autre de la première bride radiale (112) ou de la deuxième bride radiale (122), la protubérance axiale étant disposée dans l'encoche radiale.
- [Revendication 4] Ensemble annulaire (100) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le premier moyen de positionnement angulaire est une protubérance radiale (114') formée sur une extrémité radiale de la première bride radiale (112), et le deuxième moyen de positionnement angulaire est une protubérance axiale (124') formée sur la deuxième bride radiale (122).
- [Revendication 5] Ensemble annulaire (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à

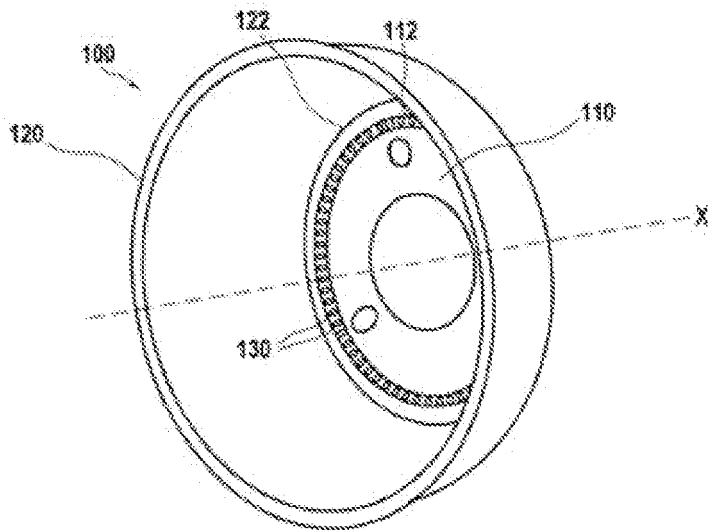
- 4, dans lequel la première pièce annulaire (110) est un porte-cage de réducteur planétaire, et la deuxième pièce annulaire (120) est un support flexible fixé au porte-cage et destiné à être fixé à un carter de stator.
- [Revendication 6] Ensemble annulaire (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les moyens de fixation (130) sont des boulons axiaux, le premier et le deuxième moyen de positionnement angulaire (114, 124) étant disposés entre deux boulons axiaux circonférentiellement adjacents.
- [Revendication 7] Réducteur planétaire (10) comprenant un ensemble annulaire (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes.
- [Revendication 8] Procédé de fabrication d'un ensemble annulaire (100) pour réducteur planétaire s'étendant autour d'un axe central (X) et comprenant une première pièce annulaire (110) ayant une première bride radiale (112), et une deuxième pièce annulaire (120) ayant une deuxième bride radiale (122) destinée à être fixée à et en contact avec la première bride radiale, le procédé comprenant :
- la fabrication de la première pièce annulaire (110) de manière à prévoir au moins un premier moyen de positionnement angulaire (114) sur la première bride radiale (112), et de la deuxième pièce annulaire (120) de manière à prévoir au moins un deuxième moyen de positionnement angulaire (124) sur la deuxième bride radiale (122),
 - le positionnement axial dans lequel la première bride radiale (112) vient en contact avec la deuxième bride radiale (122) dans une direction axiale,
 - la rotation relative de la première pièce annulaire (110) par rapport à la deuxième pièce annulaire (120) de manière à ce qu'une surface du premier moyen de positionnement angulaire (114) vienne en contact avec une surface du deuxième moyen de positionnement angulaire (124) dans une direction azimutale,
 - le perçage d'alésages (116, 126) répartis circonférentiellement autour de l'axe central (X) à travers la première bride radiale et la deuxième bride radiale et l'insertion de moyens de fixation (130) dans les alésages, tout en maintenant un couple entre la première et la deuxième pièce annulaire (110, 120) de manière à maintenir la surface du premier moyen de positionnement angulaire (114) et la surface du deuxième moyen de positionnement (124) en contact l'une avec l'autre, le premier et le deuxième moyen de positionnement angulaire (114, 124) étant distincts des moyens de fixation et des alésages.

- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, dans lequel la première pièce annulaire (110) et la deuxième pièce annulaire (120) sont fabriquées par fabrication additive de manière à prévoir le au moins un premier moyen de positionnement angulaire (114) et le au moins un deuxième moyen de positionnement angulaire (124).
- [Revendication 10] Procédé selon la revendication 8 ou 9, dans lequel le premier moyen de positionnement angulaire (114) est une encoche radiale formée dans l'une de la première bride radiale (112) ou de la deuxième bride radiale (122), et le deuxième moyen de positionnement angulaire (124) est une protubérance axiale formée sur l'autre de la première bride radiale (112) ou de la deuxième bride radiale (122), le positionnement axial comprenant la disposition de la protubérance axiale (124) dans l'encoche radiale (114).
- [Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10 dans lequel, lors du perçage des alésages (116, 126), un premier outillage maintient l'une de la première pièce annulaire (110) ou de la deuxième pièce annulaire (120) en position fixe, et un deuxième outillage maintient l'autre de la première pièce annulaire (110) ou de la deuxième pièce annulaire (120) en exerçant un couple sur celle-ci, de manière à maintenir lesdites surfaces des moyens de positionnement angulaire (114, 124) en contact l'une avec l'autre.

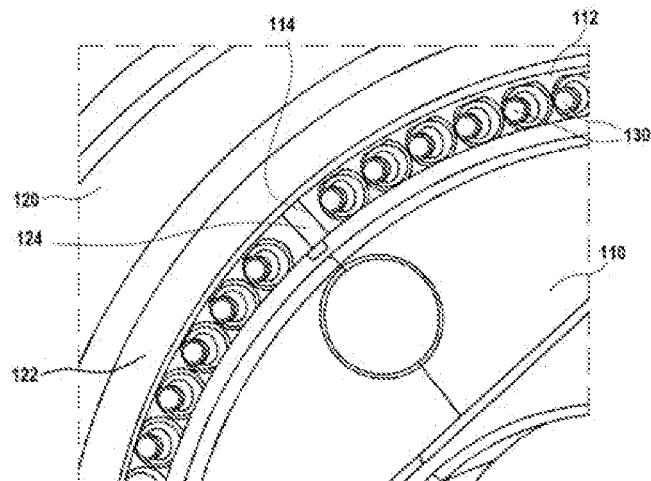
[Fig. 1]



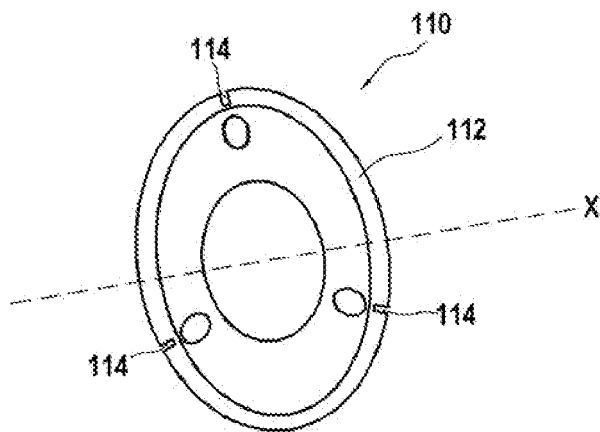
[Fig. 2]



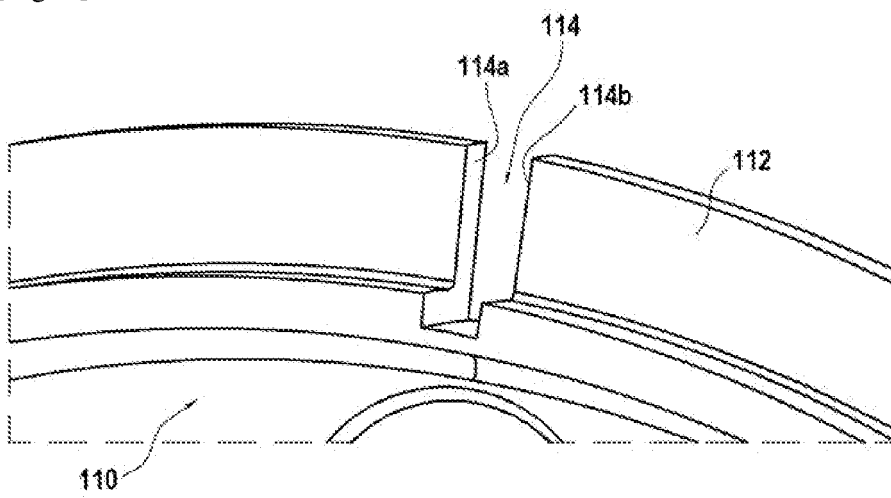
[Fig. 3]



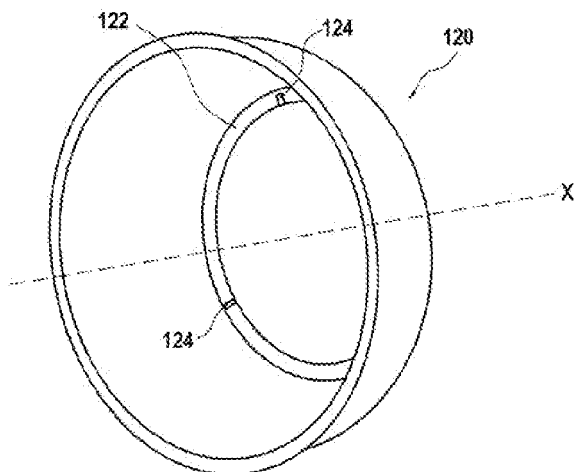
[Fig. 4]



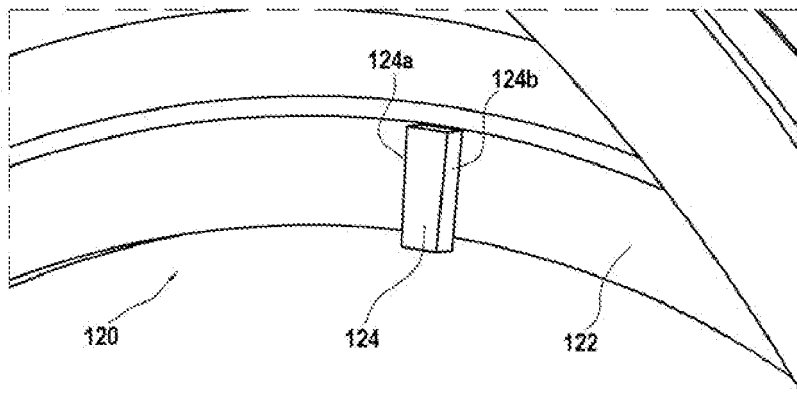
[Fig. 5]



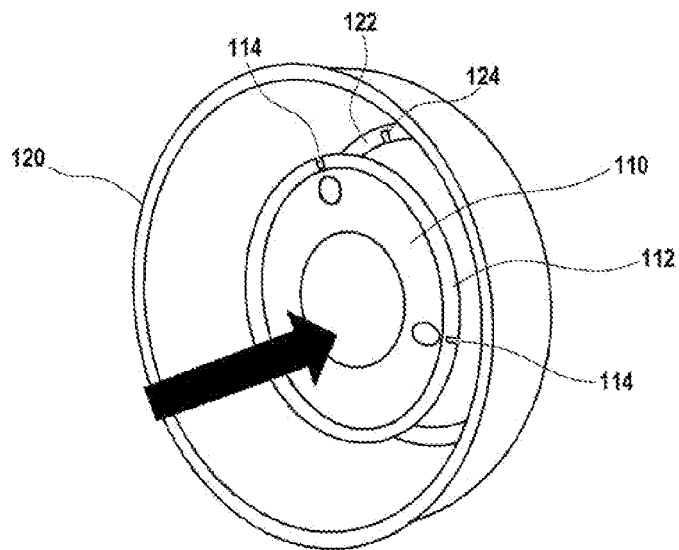
[Fig. 6]



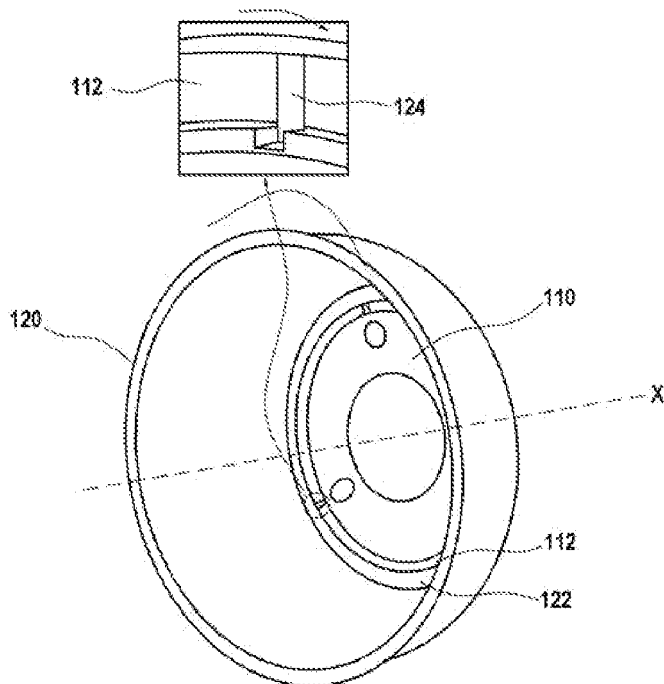
[Fig. 7]



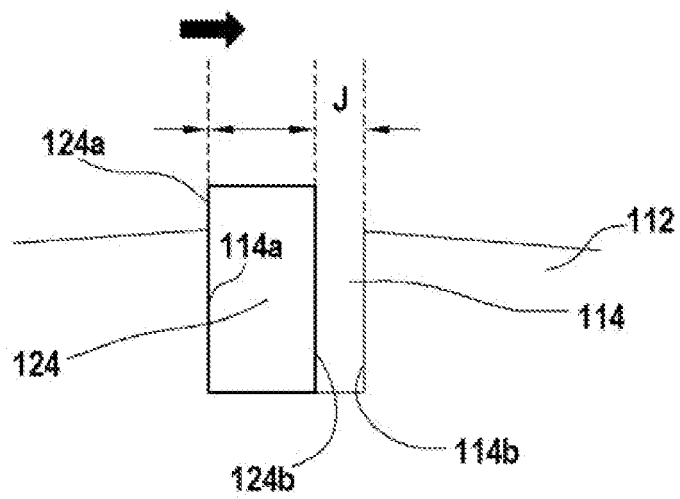
[Fig. 8]



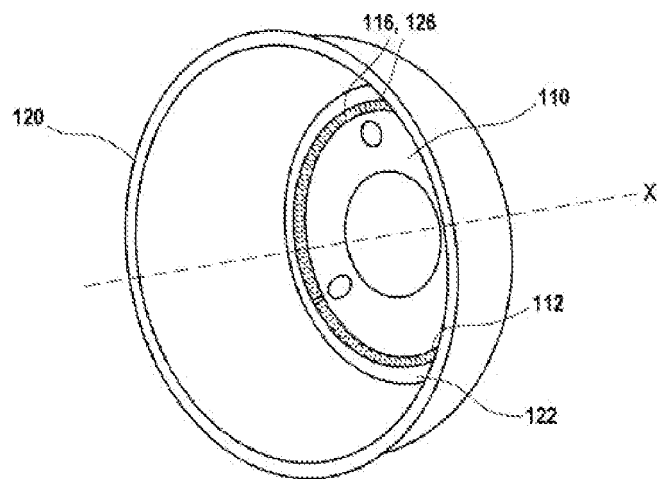
[Fig. 9]



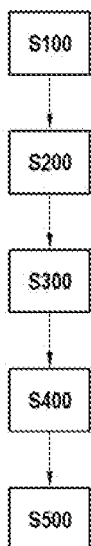
[Fig. 10]



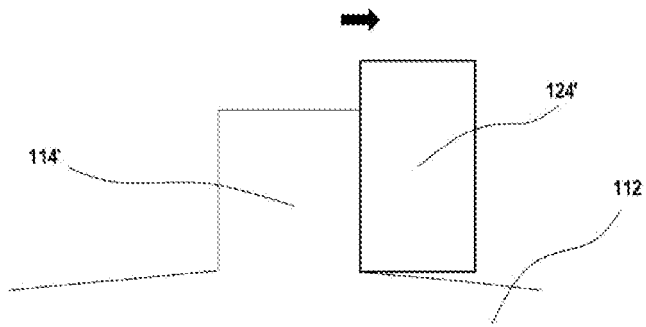
[Fig. 11]



[Fig. 12]



[Fig. 13]



RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

US 2014/219774 A1 (OTTO JOHN R [US])
7 août 2014 (2014-08-07)

EP 3 489 472 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP
[US]) 29 mai 2019 (2019-05-29)

US 2014/054862 A1 (DAVIS TODD A [US] ET
AL) 27 février 2014 (2014-02-27)

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

NEANT

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

NEANT