

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 10.09.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 17.03.23 Bulletin 23/11.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : Safran Aircraft Engines Société par
actions simplifiée (SAS) — FR.

72 Inventeur(s) : BECOULET Julien Fabien Patrick,
GIVERT Maxime Paul Numa et TAN-KIM Alexandre
Jean-Marie.

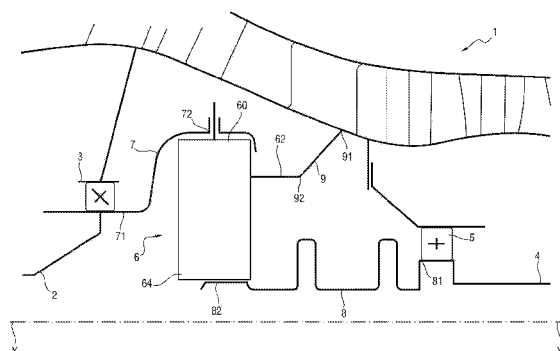
73 Titulaire(s) : Safran Aircraft Engines Société par
actions simplifiée (SAS).

74 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

54 Souplesses dans une turbomachine à réducteur.

57 La présente invention concerne un ensemble pour tur-
bomachine comprenant :- un deuxième élément de
connexion (8) présentant une troisième extrémité (81) reliée
à un arbre de turbine (2) et montée sur un deuxième palier
(5), et une quatrième extrémité (82) reliée à un dispositif de
connexion mécanique (6), le deuxième élément de
connexion (8) présentant une deuxième souplesse radiale
(SR2), et- un troisième élément de connexion (9) présentant
une cinquième extrémité (91) montée fixe sur un carter (1)
et une sixième extrémité (92) reliée au dispositif de trans-
mission mécanique (6), le troisième connecteur (6) présen-
tant une troisième souplesse radiale (SR3), dans lequel un
rapport entre la première souplesse radiale (SR1) et la troi-
sième souplesse radiale (SR3) est strictement inférieur à
10% et/ou un rapport entre la première souplesse radiale
(SR1) et la deuxième souplesse radiale (SR2) est stricte-
ment inférieur à 4%.

Figure pour l'abrégié : Fig. 2



Description

Titre de l'invention : Souplesses dans une turbomachine à réducteur

DOMAINE DE L'INVENTION

- [0001] La présente invention concerne une turbomachine comprenant un dispositif de transmission mécanique.
- [0002] Plus précisément, la présente invention porte sur la souplesse radiale du dispositif de transmission mécanique.

ETAT DE LA TECHNIQUE

- [0003] En référence à la [Fig.1], on connaît de l'état de la technique une turbomachine 100 présentant une architecture à réducteur, la turbomachine 100 étant centrée sur un axe longitudinal X-X. Une telle turbomachine 100 est notamment utilisée pour la propulsion d'un aéronef (non représenté) sur lequel elle est rapportée fixe.
- [0004] Comme l'illustre la [Fig.1], la turbomachine 100 comprend une soufflante 101 entourée par un carénage 102. En outre, la turbomachine 100 comprend un carter 1 entourant une section de compresseur basse pression 103, une section de compresseur haute pression 104, une chambre de combustion 105, une section de turbine haute pression 106 et une section de turbine basse pression 107.
- [0005] La turbomachine 100 comprend également un arbre de soufflante 2, un arbre de turbine basse pression 4 et un arbre de turbine haute pression 108, chaque arbre étant mobile en rotation par rapport au carter 1 autour de l'axe longitudinal X-X. L'arbre de soufflante 2 est supporté en rotation par un couple de paliers 3 montés fixes sur le carter 1.
- [0006] L'arbre de soufflante 2 entraîne la soufflante 101, l'arbre de turbine basse pression 4 est entraîné par la section de turbine basse pression 107 et entraîne la section de compresseur basse pression 103, et l'arbre de turbine haute pression 108 est entraîné par la section de turbine haute pression 106 et entraîne la section de compresseur haute pression 104.
- [0007] Comme visible sur la [Fig.1], la turbomachine 100 comprend également un dispositif de transmission mécanique 6, autrement appelé boîtier réducteur.
- [0008] En fonctionnement, un flux d'air est aspiré par la soufflante 101 au sein de la turbomachine 100. Une partie de ce flux circule au sein du carter 1 pour être, successivement, comprimée par la section de compresseur basse pression 103 puis la section de compresseur haute pression 104, enflammée au sein de la chambre de combustion 105, et enfin détendue par la section de turbine haute pression 106 puis la section de turbine basse pression 107.
- [0009] Cette circulation permet d'entraîner au rotation l'arbre de turbine basse pression 4 et

l'arbre de turbine haute pression 108 autour de l'axe longitudinal X-X. En outre, l'arbre de turbine basse pression 4 entraîne l'arbre de soufflante 2 par l'intermédiaire du dispositif de transmission mécanique 6, lequel transmet un couple et une vitesse de rotation de l'arbre de turbine basse pression 4 à l'arbre de soufflante 2. Le découplage dynamique de l'arbre de soufflante 2 et de l'arbre de turbine basse pression 4, permis par le dispositif de transmission mécanique 6, autorise l'arbre de turbine basse pression 4 à atteindre des vitesses de rotation bien plus élevées, sans risquer une survitesse à l'extrémité des pales de soufflante 101. De là, l'efficacité de la turbomachine 100 est améliorée, et sa taille peut être réduite.

[0010] L'utilisation d'un dispositif de transmission mécanique 6 pose néanmoins un certain nombre de difficultés, parmi lesquelles la stabilité mécanique du dispositif de transmission mécanique 6 en fonctionnement, laquelle influe directement sur son efficacité et sa durée de vie.

[0011] En effet, en fonctionnement, les différents composants de la turbomachine 100 sont susceptibles de suivre une évolution dynamique différente les uns des autres. Par exemple, l'arbre de soufflante 2 est susceptible d'être sujet à des mouvements dont l'intensité et la direction sont différents de mouvements dont l'arbre de turbine basse pression 4 est susceptible d'être sujet. Comme l'arbre de soufflante 2 et l'arbre de turbine basse pression 4 sont mécaniquement liés au dispositif de transmission mécanique 6, ce dernier est alors susceptible d'accumuler des contraintes pour compenser ces évolutions dynamiques différentes. Typiquement, l'arbre de turbine basse pression 4 peut être sujet d'un déplacement radial, tandis que l'arbre de soufflante 2 demeure fixe radialement. Dans ce cas, c'est le dispositif de transmission mécanique 6 qui amortit cette différence de mouvement radial, en accumulant des contraintes mécaniques radiales.

[0012] Une solution pour tenir compte de cette difficulté serait de renforcer les composants du dispositif de transmission mécanique 6 afin de pouvoir supporter ces contraintes tout au long de la durée de vie de la turbomachine 100. Cette solution n'est toutefois pas satisfaisante car elle est coûteuse et conduit à une augmentation de la masse de la turbomachine 100 qui est telle que l'amélioration d'efficacité autorisée par l'architecture à réducteur est annihilée.

[0013] Une autre solution pour tenir compte de cette difficulté consiste à tenter de limiter la raideur de certaines parties du dispositif de transmission mécanique 6, et notamment de limiter la raideur des éléments 8, 9 supportant le dispositif de transmission mécanique 6. Il a ainsi été proposé des valeurs de rapports entre des raideurs de ces éléments 8, 9 et des raideurs du support 109, permettant de limiter l'accumulation des contraintes au sein du dispositif de transmission mécanique 6. Cette solution n'est pas non plus satisfaisante. En effet, il n'est généralement pas clair de cette solution quelle portion de ces

éléments 8, 9 doivent être rendus moins raides, ni la manière dont cette diminution de raideur peut être mesurée. Dès lors, les valeurs de rapports qui ont été proposées ne sont en réalité d'aucune aide pour améliorer la durée de vie du dispositif de transmission mécanique 6, tout en limitant son poids.

[0014] Il existe donc un besoin de surmonter les inconvénients de l'état de la technique.

Exposé de l'invention

[0015] Un but de l'invention est de réduire les contraintes mécaniques au sein d'un dispositif de transmission mécanique d'une turbomachine à réducteur.

[0016] Il est à cet effet proposé, selon un premier aspect de l'invention, un ensemble pour turbomachine comprenant :

- un carter,
 - un arbre de soufflante mobile en rotation par rapport au carter autour d'un axe longitudinal de la turbomachine,
 - un premier palier configuré pour supporter en rotation l'arbre de soufflante, le premier palier étant monté fixe sur le carter,
 - un arbre de turbine mobile en rotation par rapport au carter autour de l'axe longitudinal,
 - un deuxième palier configuré pour supporter en rotation l'arbre de turbine, le deuxième palier étant monté fixe sur le carter,
 - un dispositif de transmission mécanique, l'arbre de turbine entraînant l'arbre de soufflante par l'intermédiaire du dispositif de transmission mécanique,
 - un premier élément de connexion présentant une première extrémité reliée à l'arbre de soufflante et montée sur le premier palier, et une deuxième extrémité reliée au dispositif de transmission mécanique, le premier élément de connexion présentant une première souplesse radiale,
 - un deuxième élément de connexion présentant une troisième extrémité reliée à l'arbre de turbine et montée sur le deuxième palier, et une quatrième extrémité reliée au dispositif de transmission mécanique, le deuxième élément de connexion présentant une deuxième souplesse radiale, et
 - un troisième élément de connexion présentant une cinquième extrémité montée fixe sur le carter et une sixième extrémité reliée au dispositif de transmission mécanique, le troisième élément de connexion présentant une troisième souplesse radiale,
- dans lequel un rapport entre la première souplesse radiale et la troisième souplesse radiale est strictement inférieur à 10% et/ou un rapport entre la première souplesse radiale et la deuxième souplesse radiale est strictement inférieur à 4%.

[0017] Conserver le rapport entre la première souplesse radiale et la troisième souplesse radiale strictement inférieur à 10% et/ou le rapport entre la première souplesse radiale

et la deuxième souplesse radiale strictement inférieur à 4% assure une répartition des contraintes radiales entre les éléments de connexion qui est optimales, ce qui réduit efficacement les contraintes mécaniques, notamment radiales, au sein du dispositif de transmission mécanique. L'usure du dispositif de transmission mécanique est donc réduite, et sa durée de vie s'allonge. En outre, l'efficacité de la turbomachine en est améliorée.

[0018] Avantageusement, mais facultativement, l'ensemble selon l'invention peut comprendre l'une au moins des caractéristiques suivantes, prise seule ou en combinaison :

- le dispositif de transmission mécanique est un train épicycloïdal comprenant une couronne, une pluralité d'engrenages satellites rapportés sur un porte-satellites et un engrenage solaire,

- la deuxième extrémité est montée sur la couronne qui est mobile en rotation autour de l'axe longitudinal, la quatrième extrémité est montée sur l'engrenage solaire qui est mobile en rotation autour de l'axe longitudinal, et la sixième extrémité est montée sur le porte-satellites,

- la deuxième extrémité est montée sur le porte-satellites qui est mobile en rotation autour de l'axe longitudinal, la quatrième extrémité est montée sur l'engrenage solaire qui est mobile en rotation autour de l'axe longitudinal, et la sixième extrémité est montée sur la couronne, et

- le deuxième palier est un roulement comprenant une rangée de billes ou une rangée de rouleaux.

[0019] Selon un deuxième aspect de l'invention, il est proposé une turbomachine comprenant un ensemble tel que précédemment décrit.

[0020] Selon un troisième aspect de l'invention, il est proposé un aéronef comprenant une turbomachine telle que précédemment décrite.

DESCRIPTION DES FIGURES

[0021] D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

[0022] [Fig.1] La [Fig.1], déjà décrite, est une vue en coupe d'une turbomachine à réducteur connue de l'état de la technique.

[0023] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue en coupe d'un mode de réalisation d'un ensemble pour turbomachine selon l'invention.

[0024] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue en coupe d'un mode de réalisation d'un ensemble pour turbomachine selon l'invention.

[0025] Sur l'ensemble des figures, les éléments similaires portent des références identiques.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

- [0026] Les figures 2 et 3 illustrent, chacune, un mode de réalisation d'une turbomachine à réducteur 100. Les éléments de cette turbomachine 100 qui ne figurent pas sur les figures 2 et 3 sont similaires aux éléments correspondants de la turbomachine illustrée sur la [Fig.1], déjà décrite. Bien entendu, le présent exposé n'est pas limité aux turbomachines à réducteur 100 telles que celle illustrée sur la [Fig.1]. De fait, le présent exposé est, par exemple, applicable aux turbomachines à réducteur 100 comprenant plus que deux corps, typiquement trois corps, mais aussi aux turbomachines à réducteur 100 dont la soufflante 101 n'est pas carénée.
- [0027] Dans le présent texte, l'amont et l'aval sont définis par rapport au sens d'écoulement normal de l'air à travers la turbomachine 100 en fonctionnement. De même, une direction axiale correspond à la direction de l'axe longitudinal X-X, une direction radiale fait référence à une direction qui est perpendiculaire à cet axe longitudinal X-X et passe par ce-dernier, et une direction circonférentielle, ou tangentielle, correspond à la direction d'une ligne courbe plane et fermée, dont tous les points se trouvent à égale distance de l'axe longitudinal X-X. Par ailleurs, et sauf précision contraire, les termes « interne (ou intérieur) » et « externe (ou extérieur) », respectivement, sont utilisés en référence à une direction radiale de sorte que la partie ou la surface interne (i.e. radialement interne) d'un élément est plus proche de l'axe longitudinal X-X que la partie ou la surface externe (i.e. radialement externe) du même élément.
- [0028] En référence aux figures 2 et 3, le dispositif de transmission mécanique 6 est, de préférence, un train épicycloïdal comprenant une couronne 60, une pluralité d'engrenages satellites rapportés sur un porte-satellites 62 et un engrenage solaire 64.
- [0029] En outre, un premier palier 3 est agencé en aval de l'arbre de soufflante 2 et monté fixe sur le carter 1. Avantageusement, le premier palier 3 est un roulement comprenant une rangée de billes, afin de reprendre efficacement les efforts exercés sur l'arbre de soufflante 2. Ainsi, le premier palier 3 comprend une première bague et une deuxième bague, coaxiales et centrées sur l'axe longitudinal X-X, entre lesquelles est placée au moins une rangée de billes. La première bague est montée fixe sur le carter 1 et la deuxième bague est montée fixe sur l'arbre de soufflante 2.
- [0030] Par ailleurs, un deuxième palier 5 est monté fixe sur le carter 1 et configuré pour supporter en rotation l'arbre de turbine 4, en amont de ce-dernier. Avantageusement, le deuxième palier 5 est un roulement comprenant une rangée de billes ou une rangée de rouleaux, afin de reprendre efficacement les efforts exercés en amont de l'arbre de turbine 4. Ainsi, le deuxième palier 5 comprend une troisième bague et une quatrième bague, coaxiales et centrées sur l'axe longitudinal X-X, entre lesquelles est placée une rangée de billes ou de rouleaux. La troisième bague est montée fixe sur le carter 1 et la

quatrième bague est montée fixe sur l'arbre de turbine 4.

- [0031] Comme visible sur chacune des figures 2 et 3, un premier élément de connexion 7 relie l'arbre de soufflante 2 au dispositif de transmission mécanique 6. Le premier élément de connexion 7 est centré sur l'axe longitudinal X-X. Plus précisément, le premier élément de connexion 7 présente une première extrémité 71 reliée à l'arbre de soufflante 2 et une deuxième extrémité 72 reliée au dispositif de transmission mécanique 6. En fait, la première extrémité 71 est montée sur le premier palier 3.
- [0032] En outre, un deuxième élément de connexion 8 relie l'arbre de turbine 4 au dispositif de transmission mécanique 6. Le deuxième élément de connexion 8 est également centré sur l'axe longitudinal X-X. De plus, le deuxième élément de connexion 8 présente une troisième extrémité 81 reliée à l'arbre de turbine 4 et une quatrième extrémité 82 reliée au dispositif de transmission mécanique 6. En fait, la troisième extrémité 81 est montée sur le deuxième palier 5.
- [0033] Par ailleurs, un troisième élément de connexion 9, centré sur l'axe longitudinal X-X, relie le dispositif de transmission mécanique 6 au carter 1. Plus précisément, le troisième élément de connexion 9 présente une cinquième extrémité 91 montée fixe sur le carter 1 et une sixième extrémité 92 reliée au dispositif de transmission mécanique 6.
- [0034] Dans le mode de réalisation illustré sur la [Fig.2], la deuxième extrémité 72 est montée, de préférence fixe, sur la couronne 60 qui est mobile en rotation autour de l'axe longitudinal X-X, la quatrième extrémité 82 est montée, de préférence fixe, sur l'engrenage solaire 64 qui est mobile en rotation autour de l'axe longitudinal X-X, et la sixième extrémité 92 est montée, de préférence fixe, sur le porte-satellites 62.
- [0035] Dans le mode de réalisation illustré sur la [Fig.3], la deuxième extrémité 72 est montée, de préférence fixe, sur le porte-satellites 62 qui est mobile en rotation autour de l'axe longitudinal X-X, la quatrième extrémité 82 est montée, de préférence fixe, sur l'engrenage solaire 64 qui est mobile en rotation autour de l'axe longitudinal X-X, et la sixième extrémité 92 est montée, de préférence fixe, sur la couronne 60.
- [0036] Le premier élément de connexion 7 présente une première souplesse radiale SR1, le deuxième élément de connexion 8 présente une deuxième souplesse radiale SR2 et le troisième élément de connexion 9 présente une troisième souplesse radiale SR3.
- [0037] La souplesse radiale SR1, SR2, SR3 d'un élément de connexion 7, 8, 9 est définie de manière intrinsèque, c'est-à-dire en considérant l'élément de connexion en tant que tel 7, 8, 9, en dehors de la turbomachine 100, c'est-à-dire avant ou après être monté dans cette-dernière. De cette manière, il est possible de dimensionner chaque élément de connexion 7, 8, 9 de manière absolue, ce qui permet de l'intégrer dans n'importe quelle turbomachine 100.
- [0038] Ainsi, la souplesse radiale SR1, SR2, SR3 d'un élément de connexion 7, 8, 9 est

définie en assimilant l'élément de connexion 7, 8, 9 à une poutre encastrée au niveau d'une extrémité 71, 81, 91, et libre d'être sujette à des mouvements radiaux au niveau de l'autre extrémité 72, 82, 92. De fait, ceci correspond aux conditions dans lesquelles l'élément de connexion 7, 8, 9 est sollicité au sein de la turbomachine 100. Par exemple, le premier élément de connexion 7 est moins libre d'être sujet à des mouvements radiaux par rapport au carter 1 au niveau de la première extrémité 71 qu'au niveau de la deuxième extrémité 72. De là, la souplesse radiale SR1, SR2, SR3 d'un élément de connexion 7, 8, 9 est définie comme un rapport entre, d'une part, un déplacement radial de l'extrémité libre 72, 82, 92 par rapport à l'extrémité encastrée 71, 81, 91, laquelle extrémité libre 72, 82, 92 étant soumise à un chargement dans une direction radiale, typiquement un chargement en traction et/ou compression, et, d'autre part, l'effort, typiquement de traction et/ou compression, appliqué au niveau de l'extrémité libre 72, 82, 92 pour générer ce déplacement radial.

[0039] Une telle souplesse radiale SR1, SR2, SR3 peut, par exemple, être mesurée sur un banc d'essai, en encastrant l'une des extrémités 71, 72, 81, 82, 91, 92 de l'élément de connexion 7, 8, 9, puis en sollicitant radialement l'autre extrémité 71, 72, 81, 82, 91, 92. Le choix de l'extrémité 71, 72, 81, 82, 91, 92 à encastrer n'a pas d'importance dans la mesure où la souplesse radiale SR1, SR2, SR3 d'un élément de connexion 7, 8, 9 est associée un déplacement relatif entre les deux extrémités 71, 72, 81, 82, 91, 92 de l'élément de connexion 7, 8, 9. Peu importe donc que l'extrémité 71, 72, 81, 82, 91, 92 encastrée lors de la mesure soit effectivement l'extrémité 71, 81, 91 qui, lors du fonctionnement de la turbomachine 100, est soumise à des mouvements radiaux par rapport au carter 1 qui sont de moins grande ampleur par rapport à l'autre extrémité 72, 82, 92 de l'élément de connexion 7, 8, 9. En tout état de cause, il est possible de prendre en compte, pour le calcul de la souplesse radiale SR1, SR2, SR3 d'un élément de connexion 7, 8, 9, les déplacements radiaux relatifs entre l'extrémité libre 72, 82, 92 et l'extrémité encastrée 71, 81, 91. De fait, au sein de la turbomachine 100, aucune de la première extrémité 71, de la troisième extrémité 81 ou de la cinquième extrémité 91, n'est rigoureusement immobile radialement par rapport au carter 1.

[0040] Par exemple, la première souplesse radiale SR1 est mesurée en sortant le premier élément de connexion 7 de la turbomachine 100, en la plaçant sur un banc d'essai, en encastrant la première extrémité 71, et en sollicitant radialement la deuxième extrémité 72, typiquement via un chargement en traction et/ou en compression dans une direction radiale. Le déplacement radial de l'extrémité libre 72, 82, 92 par rapport à l'extrémité encastrée 71, 81, 91, qui est associé à chacun des efforts radiaux appliqué au niveau de l'extrémité libre 72, 82, 92, est ensuite relevé. Puis une régression, par exemple de type linéaire, est réalisée sur l'ensemble des points relevés, et la souplesse radiale SR1, SR2, SR3 de l'élément de connexion 7, 8, 9 est déterminée, typiquement comme le co-

efficient directeur de la droite obtenue par régression linéaire. Bien entendu, il n'est pas forcément nécessaire d'utiliser un banc d'essai, puisque de telles mesures peuvent également être réalisées par simulation numérique assistée par ordinateur, typiquement en isolant le premier élément de connexion 7 du reste de la turbomachine 100, et en simulant l'encastrement et la sollicitation déjà décrits.

- [0041] En tenant compte de relations entre les souplesses radiales SR1, SR2, SR3 au moment du dimensionnement des éléments de connexion 7, 8, 9, il est possible de soulager le dispositif de transmission mécanique 6 de son rôle d'amortissement des mouvements radiaux relatifs de l'arbre de soufflante 2 et/ou du dispositif de transmission mécanique 6 et/ou de l'arbre de turbine 4. En effet, grâce à une certaine souplesse radiale SR1, SR2, SR3 des éléments de connexion 7, 8, 9, les déplacements radiaux des différents composants au sein du dispositif de transmission mécanique 6 sont limités, ce qui réduit d'autant les contraintes mécaniques au sein du dispositif de transmission mécanique 6. De là, l'usure du dispositif de transmission mécanique 6 est réduite et sa durée de vie allongée, et ce sans qu'il ne soit nécessaire de renforcer le dispositif de transmission mécanique 6, c'est-à-dire de l'alourdir.
- [0042] Bien entendu, les sollicitations mécaniques exercées sur le dispositif de transmission mécanique 6 par l'arbre de soufflante 2 et l'arbre de turbine 4 ne sont pas limitées à une direction radiale. De fait, l'arbre de soufflante 2 et l'arbre de turbine 4 sont également sujets à des mouvements axiaux et des mouvements circonférentiels (i.e. en torsion), qui sont tout autant susceptibles d'induire des contraintes dans le dispositif de transmission mécanique 6.
- [0043] En tout état de cause, la première souplesse radiale SR1 est la plus faible des souplesses radiales. Ceci s'explique par le fait que le premier élément de connexion 7 est celui présentant un diamètre (voir [Fig.2]) et/ou une épaisseur radiale (voir [Fig.3]) qui est le plus important de tous les éléments de connexion 7, 8, 9. En outre, ceci s'explique par l'intensité des efforts auxquels le premier élément de connexion 7 est soumis, notamment en provenance de la soufflante 101. Par conséquent, lors du dimensionnement de cette partie de la turbomachine 100, le premier élément de connexion 7 est choisi comme référence pour déterminer la deuxième souplesse radiale SR2 et la troisième souplesse radiale SR3. Ainsi, en fonctionnement, ce sont les mouvements radiaux de la deuxième extrémité 72 qui pilotent les mouvements radiaux de la quatrième extrémité 82 et de la sixième extrémité 92.
- [0044] En outre, prendre le premier élément de connexion 7 comme référence pour déterminer la deuxième souplesse radiale SR2 et la troisième souplesse radiale SR3 s'est avéré plus pertinent que prendre le support 109 du premier palier 3, comme recommandé dans l'état de la technique. De fait, le premier élément de connexion 7 est plus proche du dispositif de transmission mécanique 6 que ne l'est le support 109. Par

conséquent, il est possible d'accéder à un dimensionnement plus fin des souplesses radiales SR1, SR2, SR3. Ceci offre une plus grande liberté de dimensionnement du reste de la turbomachine 100, ce qui facilite la conception et en réduit le temps et le coût.

[0045] Toutefois, il est possible de considérer la souplesse radiale de l'ensemble formé du premier élément de connexion 7, du premier palier 3 et du support 109, ou de l'ensemble formé du premier élément de connexion 7 et de l'arbre de soufflante 2, comme référence pour déterminer la deuxième souplesse radiale SR2 et la troisième souplesse radiale SR3. La définition de la souplesse radiale de tels ensembles est la même que celle déjà décrite pour la première souplesse radiale SR1. En outre, la méthode de mesure de la souplesse radiale de tels ensembles suit le même protocole que celui déjà décrit pour la première souplesse radiale. Typiquement, une des extrémités d'un tel ensemble, typiquement une des extrémités axiales, est encastree, tandis que l'autre extrémité, typiquement l'autre extrémité axiale, est soumise à une sollicitation radiale. Déplacements et efforts radiaux correspondants sont relevés puis corrélés pour déterminer la souplesse radiale de l'ensemble qui servira ensuite de référence pour déterminer la deuxième souplesse radiale SR2 et la troisième souplesse radiale SR3.

[0046] En tout état de cause, la première souplesse radiale SR1 ou, plus généralement, la souplesse radiale d'un des ensembles déjà décrits, est strictement inférieure à la troisième souplesse radiale SR3, et la troisième souplesse radiale SR3 est strictement inférieure à la deuxième souplesse radiale SR2. Ceci est notamment réalisé en faisant en sorte que le deuxième élément de connexion 8 présente un diamètre plus faible que le premier élément de connexion 7 et le troisième élément de connexion 9. En outre, l'arbre de soufflante 2 et le support 109 sont dimensionnés de manière très rigide pour pouvoir supporter les balourds de la soufflante 101 lors du fonctionnement de la turbomachine 100. Par conséquent, il est plus facile de dimensionner les éléments de connexion 7, 8, 9 les uns par rapport aux autres en se fixant cet ordre des souplesses radiales SR1, SR2, SR3 comme contrainte de conception.

[0047] Plus précisément, un rapport entre la première souplesse radiale SR1 (ou la souplesse radiale d'un des ensembles déjà décrits) et la troisième souplesse radiale SR3 est strictement inférieur à 10%. En d'autres termes, la troisième souplesse radiale SR3 est strictement supérieure à dix (10) fois la première souplesse radiale SR1 (ou la souplesse radiale d'un des ensembles déjà décrits). Alternativement, ou en complément, un rapport entre la première souplesse radiale SR1 (ou la souplesse radiale d'un des ensembles déjà décrits) et la deuxième souplesse radiale SR2 est strictement inférieur à 4%. En d'autres termes, la deuxième souplesse radiale SR2 est strictement supérieure à vingt-cinq (25) fois la première souplesse radiale SR1 (ou la

souplesse radiale d'un des ensembles déjà décrits).

- [0048] Ces différentes valeurs de rapport permettent d'assurer une bonne répartition des contraintes radiales entre le deuxième élément de connexion 8 et le troisième élément de connexion 9 lorsque la deuxième extrémité 72 sollicite le dispositif de transmission mécanique 6 selon un mouvement radial.
- [0049] Ces relations entre les souplesses radiales peuvent ainsi servir de guide lors du dimensionnement de cette partie de la turbomachine 100. En effet, en s'assurant que ces relations sont respectées lors de la conception de la turbomachine 100, il est possible de garantir une réduction des contraintes mécaniques au sein du dispositif de transmission mécanique 6 et, de là, une augmentation de sa durée de vie et une amélioration de l'efficacité de la turbomachine 100.
- [0050] Dans un mode de réalisation avantageux, la deuxième souplesse radiale SR2 est supérieure ou égale à $20 \cdot 10^{-9} \text{ m.N}^{-1}$, typiquement entre $50 \cdot 10^{-9} \text{ m.N}^{-1}$ et $200 \cdot 10^{-9} \text{ m.N}^{-1}$, et vaut de préférence $100 \cdot 10^{-9} \text{ m.N}^{-1}$. En outre, la troisième souplesse radiale SR3 est comprise entre $350 \cdot 10^{-9} \text{ m.N}^{-1}$ et $1500 \cdot 10^{-9} \text{ m.N}^{-1}$, typiquement entre $500 \cdot 10^{-9} \text{ m.N}^{-1}$ et $1000 \cdot 10^{-9} \text{ m.N}^{-1}$, et vaut de préférence $800 \cdot 10^{-9} \text{ m.N}^{-1}$.

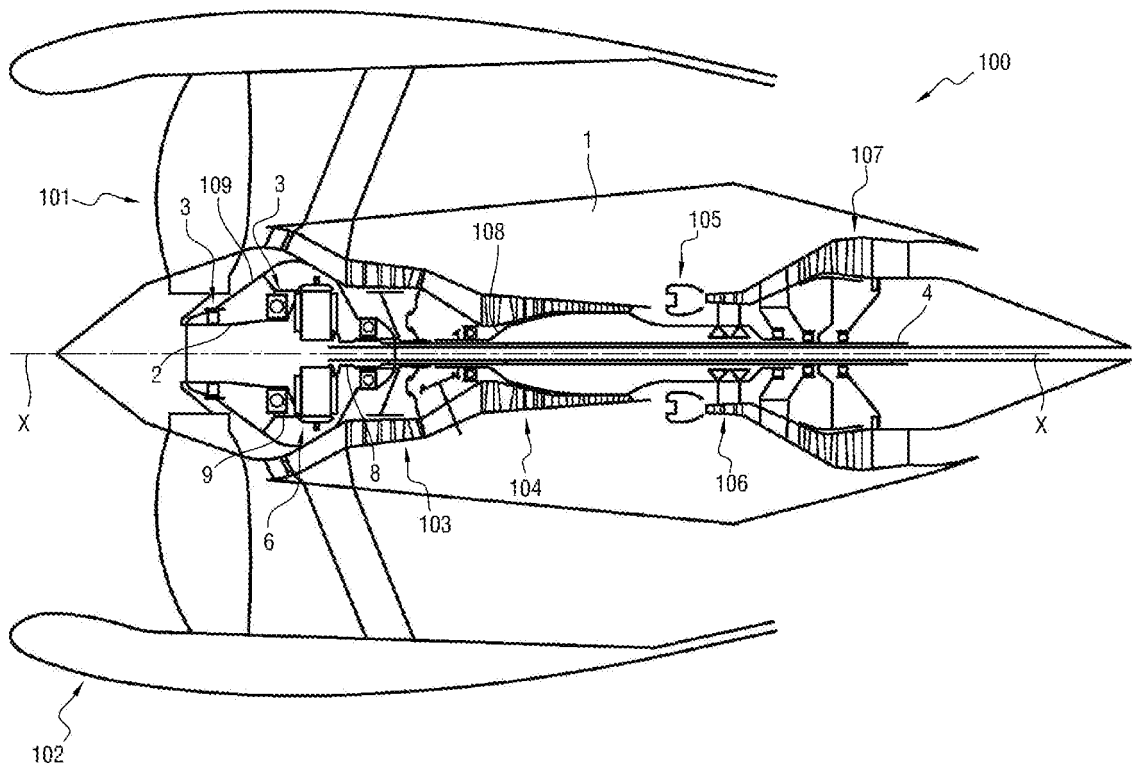
Revendications

- [Revendication 1] Ensemble pour turbomachine (100) comprenant :
- un carter (1),
 - un arbre de soufflante (2) mobile en rotation par rapport au carter (1) autour d'un axe longitudinal (X-X) de la turbomachine,
 - un premier palier (3) configuré pour supporter en rotation l'arbre de soufflante (2), le premier palier (3) étant monté fixe sur le carter (1),
 - un arbre de turbine (4) mobile en rotation par rapport au carter (1) autour de l'axe longitudinal (X-X),
 - un deuxième palier (5) configuré pour supporter en rotation l'arbre de turbine (4), le deuxième palier étant monté fixe sur le carter (1),
 - un dispositif de transmission mécanique (6), l'arbre de turbine (4) entraînant l'arbre de soufflante (2) par l'intermédiaire du dispositif de transmission mécanique (6),
 - un premier élément de connexion (7) présentant une première extrémité (71) reliée à l'arbre de soufflante (2) et montée sur le premier palier (3), et une deuxième extrémité (72) reliée au dispositif de transmission mécanique (6), le premier élément de connexion (7) présentant une première souplesse radiale (SR1),
 - un deuxième élément de connexion (8) présentant une troisième extrémité (81) reliée à l'arbre de turbine (2) et montée sur le deuxième palier (5), et une quatrième extrémité (82) reliée au dispositif de transmission mécanique (6), le deuxième élément de connexion (8) présentant une deuxième souplesse radiale (SR2), et
 - un troisième élément de connexion (9) présentant une cinquième extrémité (91) montée fixe sur le carter (1) et une sixième extrémité (92) reliée au dispositif de transmission mécanique (6), le troisième élément de connexion (9) présentant une troisième souplesse radiale (SR3), dans lequel un rapport entre la première souplesse radiale (SR1) et la troisième souplesse radiale (SR3) est strictement inférieur à 10% et/ou un rapport entre la première souplesse radiale (SR1) et la deuxième souplesse radiale (SR2) est strictement inférieur à 4%.
- [Revendication 2] Ensemble selon la revendication 1, dans lequel le dispositif de transmission mécanique (6) est un train épicycloïdal comprenant une couronne (60), une pluralité d'engrenages satellites rapportés sur un porte-satellites (62) et un engrenage solaire (64).
- [Revendication 3] Ensemble selon la revendication 2, dans lequel la deuxième extrémité

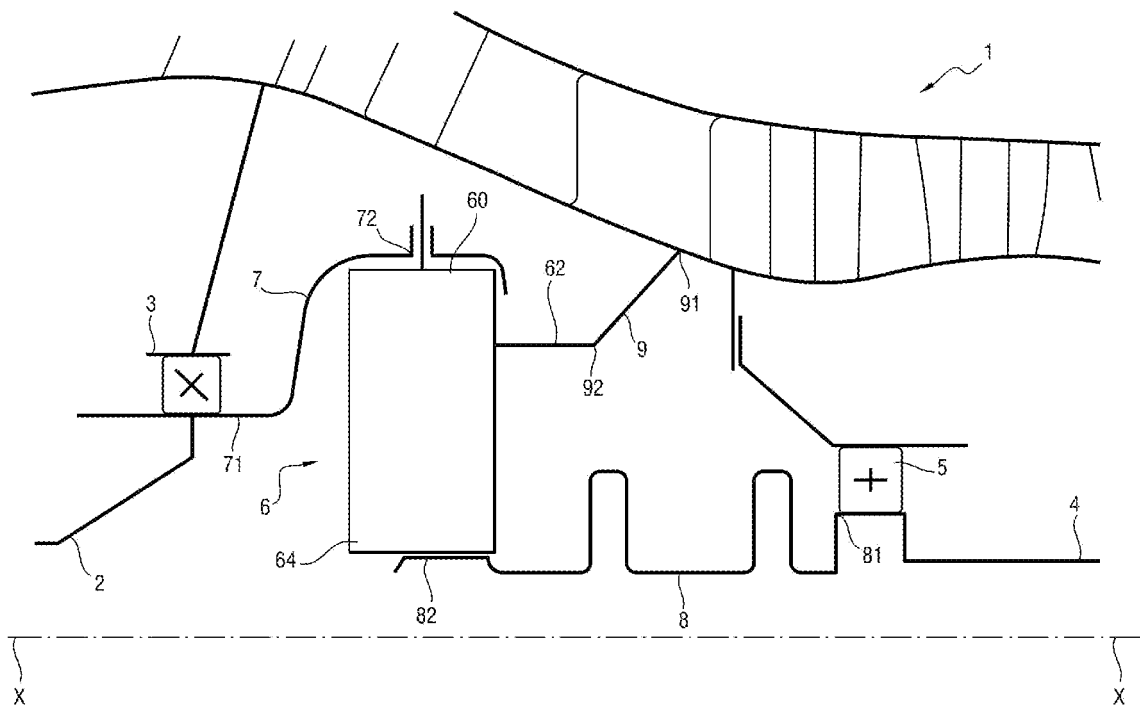
(72) est montée sur la couronne (60) qui est mobile en rotation autour de l'axe longitudinal (X-X), la quatrième extrémité (82) est montée sur l'engrenage solaire (64) qui est mobile en rotation autour de l'axe longitudinal (X-X), et la sixième extrémité (92) est montée sur le porte-satellites (62).

- [Revendication 4] Ensemble selon la revendication 2, dans lequel la deuxième extrémité (72) est montée sur le porte-satellites (62) qui est mobile en rotation autour de l'axe longitudinal (X-X), la quatrième extrémité (82) est montée sur l'engrenage solaire (64) qui est mobile en rotation autour de l'axe longitudinal (X-X), et la sixième extrémité (92) est montée sur la couronne (60).
- [Revendication 5] Ensemble selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel le deuxième palier (5) est un roulement comprenant une rangée de billes ou une rangée de rouleaux.
- [Revendication 6] Turbomachine (100) comprenant un ensemble selon l'une des revendications 1 à 5.
- [Revendication 7] Aéronef comprenant une turbomachine selon la revendication 6.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 897858
FR 2109526

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2015/156885 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 15 octobre 2015 (2015-10-15) * alinéa [0005] * * alinéa [0053] - alinéa [0058]; figures 1-4 * -----	1-7	F02C7/20 F02C7/36 F02C3/107
X	EP 3 832 101 A1 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 9 juin 2021 (2021-06-09) * alinéa [0188] - alinéa [0496]; figures 2-18 * -----	1-7	
X	US 10 837 370 B1 (SPRUCE MARK [GB]) 17 novembre 2020 (2020-11-17) * colonne 39, ligne 11 - colonne 69, ligne 67; figures 2-25 * -----	1-7	
X	EP 3 002 433 A1 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND [DE]) 6 avril 2016 (2016-04-06) * alinéa [0040] - alinéa [0063]; figure 1 * -----	1-7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F02C F02K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 mai 2022		Robelin, Bruno	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2109526 FA 897858**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **19-05-2022**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
WO 2015156885 A2		15-10-2015	EP	3097275 A2		30-11-2016
			EP	3608515 A1		12-02-2020
			WO	2015156885 A2		15-10-2015

EP 3832101 A1		09-06-2021	CN	112923032 A		08-06-2021
			EP	3832101 A1		09-06-2021
			US	11022044 B1		01-06-2021
			US	2021404390 A1		30-12-2021

US 10837370 B1		17-11-2020	CN	112923028 A		08-06-2021
			EP	3832095 A1		09-06-2021
			US	10837370 B1		17-11-2020

EP 3002433 A1		06-04-2016	EP	3002433 A1		06-04-2016
			US	2016097330 A1		07-04-2016
