

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 06.09.12.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 07.03.14 Bulletin 14/10.

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 :

71 Demandeur(s) : SNECMA Société anonyme — FR.

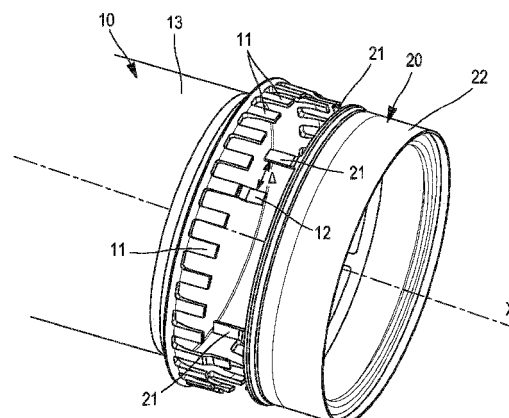
72 Inventeur(s) : CURLIER AUGUSTIN, BELMONTE
OLIVIER et LE GOUELLEC GILLES.

73 Titulaire(s) : SNECMA Société anonyme.

74 Mandataire(s) : GEVERS FRANCE.

54 TURBOMACHINE COMPORTANT DES MOYENS DE MESURE DE LA VITESSE ET DU COUPLE DE TORSION
D'UN ARBRE DE LA TURBOMACHINE ET PROCEDE DE SURVEILLANCE DUDIT ARBRE.

57 Une turbomachine, notamment pour aéronef, comportant au moins un arbre axial (2) monté rotatif dans un carter de la turbomachine, la turbomachine comportant une pièce annulaire de référent (10) comportant des dents de référent longitudinales courtes (11) et longues (12), des premiers moyens de détection du passage des dents de référent courtes (11) et longues (12) de manière à mesurer la vitesse de l'arbre (2) de la turbomachine (1) autour de son axe (X), une pièce annulaire de rapporteur (20) comportant des dents de rapporteur longitudinales (21) et des deuxièmes moyens de détection du passage des dents de référent longues (12) et des dents de rapporteur (21) de manière à mesurer le couple de torsion de l'arbre (2) de la turbomachine.



**TURBOMACHINE COMPORTANT DES MOYENS DE MESURE DE LA VITESSE ET DU
COUPLE DE TORSION D'UN ARBRE DE LA TURBOMACHINE ET PROCEDE DE
SURVEILLANCE DUDIT ARBRE**

5 DOMAINE TECHNIQUE GENERAL ET ART ANTERIEUR

La présente invention concerne le domaine des turbomachines, en particulier, la mesure de la vitesse et la mesure du couple de torsion d'un arbre de la turbomachine.

- 10 A titre d'exemple, en référence à la figure 1, une turbomachine 1 du type « open-rotor » comporte deux hélices H1, H2 entraînées par un arbre de turbine 2 par l'intermédiaire d'un train épicycloïdal 6. De manière classique, la turbomachine 1 comporte des moyens de mesure de la vitesse de l'arbre de turbine afin de surveiller, en particulier, une survitesse de l'arbre de turbine 2. La turbomachine comporte également des moyens de mesure du couple de torsion afin d'éviter tout
- 15 activation des moyens de protection contre un surcouple, par exemple, des sections fusibles telles que connues par la demande de brevet FR2910948 de la société SNECMA.

Les moyens de mesure de la vitesse et les moyens de mesure du couple de torsion sont indépendants dans la turbomachine et possèdent une masse et un encombrement élevés ce qui

20 pénalise le rendement de la turbomachine.

Un des objectifs de la présente demande est de proposer une turbomachine comportant des moyens de mesure de la vitesse et du couple de torsion d'un arbre de la turbomachine dont la masse et l'encombrement sont limités tout en conservant une précision de mesure équivalente à

25 l'art antérieur.

PRESENTATION GENERALE DE L'INVENTION

- 30 A cet effet, l'invention concerne une turbomachine, notamment pour aéronef, comportant au moins un arbre axial monté rotatif dans un carter de la turbomachine, la turbomachine comportant :
- une pièce annulaire de référent solidaire d'une première partie de l'arbre de la turbomachine, la pièce de référent comportant des dents de référent longitudinales courtes et longues,
 - des premiers moyens de détection du passage des dents de référent courtes et longues dans un premier plan transversal de manière à mesurer la vitesse de l'arbre de la turbomachine
- 35 autour de son axe ;
- une pièce annulaire de rapporteur solidaire d'une deuxième partie de l'arbre de la turbomachine distante de ladite première partie, la pièce de rapporteur comportant des dents de rapporteur longitudinales, et

- des deuxièmes moyens de détection du passage des dents de référent longues et des dents de rapporteur dans un deuxième plan transversal de manière à mesurer le couple de torsion de l'arbre de la turbomachine.

5 De manière avantageuse, les dents de référent longues permettent, d'une part, de mesurer la vitesse dans un premier plan transversal et, d'autre part, de mesurer le couple de torsion dans un deuxième plan transversal. La pièce de référent et la pièce de rapporteur de la turbomachine permettent ainsi de mesurer simultanément deux paramètres de l'arbre. Le nombre de pièces utilisées pour les mesures est donc plus faible par comparaison à l'art antérieur ce qui limite la
10 masse et l'encombrement de la turbomachine. En outre, le montage et la maintenance sont plus simples à mettre en œuvre par comparaison à l'art antérieur.

De préférence, les dents de référent courtes et les dents de rapporteur sont à des distances radiales différentes de l'axe de la turbomachine. De préférence encore, chaque dent de référent
15 longue comporte une partie proximale et une partie distale qui sont à des distances radiales différentes de l'axe de la turbomachine. De préférence toujours, la partie distale des dents de référent longues est à la même distance radiale de l'axe de la turbomachine des dents de rapporteur. De manière préférée, la partie proximale de chaque dent de référent longue s'étend à la même distance radiale que les dents de référent courtes.

20 Ainsi, les premiers moyens de détection et les deuxièmes moyens de détection peuvent s'étendre à des distances radiales différentes de l'axe de la turbomachine de manière à limiter leur encombrement. De préférence, les premiers moyens de détection et les deuxièmes moyens de détection sont en quinconce.

25 Selon un aspect préféré de l'invention, la partie proximale d'une dent de référent longue est radialement extérieure à sa partie distale de manière à limiter les efforts centrifuges appliqués à la partie distale. En effet, plus les dents sont longues, plus les dents ont tendance à s'écarter radialement vers l'extérieur au cours de la rotation de l'arbre. Lorsque l'on diminue le rayon
30 d'implantation de la partie distale des dents longues, cela permet de réduire les efforts centrifuges appliqués aux dents et donc la déflexion de celles-ci.

De préférence, la turbomachine comporte le même nombre de dents de référent longues et de dents de rapporteur ce qui permet de mesurer l'évolution de leur écart angulaire dans le deuxième
35 plan transversal.

De manière préférée, la distance axiale entre le premier plan transversal et le deuxième plan transversal résulte d'un compromis entre une compacité maximale de la turbomachine et la protection contre les interférences entre des capteurs de deux plans distincts. De préférence, la
40 distance axiale est fonction de la nature des capteurs utilisés comme moyens de détection.

De préférence, les premiers moyens de détection et les deuxièmes moyens de détection sont à des distances radiales différentes de l'axe de la turbomachine de manière à limiter leur encombrement. De préférence encore, la distance radiale des moyens de détection est fonction de la distance radiale des dents surveillées par lesdits moyens de détection de manière à conserver une distance minimale d'entrefer.

De préférence encore, les premiers moyens de détection et les deuxièmes moyens de détection se présentent respectivement sous la forme de capteurs inductifs de vitesse et de capteurs inductifs de couple, les capteurs de vitesse et les capteurs de couple étant identiques. De tels capteurs inductifs sont particulièrement adaptés pour détecter le passage de dents réalisées en matériau ferromagnétiques.

Selon un aspect de l'invention, les capteurs de vitesse et les capteurs de couple sont solidaires du carter de la turbomachine, de préférence, via une pièce de support. De manière préférée, les capteurs de vitesse et les capteurs de couple sont disposés de manière alternée, en quinconce par exemple, à la circonférence de ladite pièce de support ce qui permet de limiter leur encombrement.

L'invention concerne également un procédé de surveillance d'un arbre axial d'une turbomachine monté rotatif dans un carter de la turbomachine, la turbomachine comportant une pièce annulaire de référent solidaire d'une première partie de l'arbre de la turbomachine, la pièce de référent comportant des dents de référent longitudinales courtes et longues, une pièce annulaire de rapporteur solidaire d'une deuxième partie de l'arbre de la turbomachine distante de ladite première partie, la pièce de rapporteur comportant des dents de rapporteur longitudinales, le procédé comportant :

- une étape de détection du passage des dents de référent courtes et longues dans un premier plan transversal de manière à mesurer la vitesse de l'arbre de la turbomachine autour de son axe ; et
- une étape de détection du passage des dents de référent longues et des dents de rapporteur dans un deuxième plan transversal de manière à mesurer le couple de torsion de l'arbre de la turbomachine.

PRESENTATION DES FIGURES

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et se référant aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique en coupe axiale d'une turbomachine classique comportant deux hélices (déjà commentée) ;
- la figure 2 est une représentation schématique en coupe axiale d'une turbomachine selon l'invention avec une pièce de référent et une pièce de rapporteur ;

- la figure 3 est une représentation en perspective schématique de la pièce de référent et de la pièce de rapporteur solidaires d'un arbre de la turbomachine ;
- la figure 4 est une représentation en perspective schématique de la pièce de référent ;
- la figure 5 est une représentation en coupe axiale de la fixation amont de la pièce de référent à l'arbre de la turbomachine ;
- la figure 6 est une représentation en perspective schématique de la pièce de rapporteur ;
- la figure 7 est une représentation en coupe axiale de la fixation de la pièce de rapporteur à l'arbre de la turbomachine ;
- la figure 8 est une représentation en perspective des capteurs inductifs montés sur un support ;
- la figure 9 est une représentation en perspective partielle de la turbomachine au cours de la mesure de la vitesse et de la mesure du couple de torsion par les capteurs inductifs lors du passage des dents de référent et des dents de rapporteur ;
- la figure 10 présente plusieurs profils de tension mesurés par un capteur de couple lors du passage d'une dent de référent (trait épais), d'une dent de rapporteur pour un arbre de turbine sans torsion (trait discontinu) et d'une dent de rapporteur pour un arbre de turbine avec torsion (trait fin) ; et
- la figure 11 est une représentation schématique en coupe axiale d'une deuxième forme de réalisation d'une turbomachine selon l'invention avec une pièce de référent et une pièce de rapporteur solidaires d'un arbre de la turbomachine.

Il faut noter que les figures exposent l'invention de manière détaillée pour mettre en œuvre l'invention, lesdites figures pouvant bien entendu servir à mieux définir l'invention le cas échéant.

25 **DESCRIPTION D'UN OU PLUSIEURS MODES DE REALISATION ET DE MISE EN OEUVRE**

L'invention va être présentée pour une turbomachine du type « open-rotor » qui comporte deux hélices non carénées reliées à un train épicycloïdal de la turbomachine. La turbomachine comporte un arbre axial de turbine qui fournit un couple au train épicycloïdal qui est distribué aux deux hélices. Par la suite, les termes « amont » et « aval » sont définis par rapport à la direction des gaz dans la turbomachine qui circulent de l'amont vers l'aval.

Selon l'invention, la vitesse de rotation et le couple de torsion de l'arbre de turbine sont mesurés de manière à surveiller tout phénomène de survitesse ou de surcouple. Il va de soi que l'invention s'applique à tout arbre d'une turbomachine, en particulier, un arbre de turboréacteur.

En référence à la figure 2, la turbomachine 1 comporte un arbre de turbine 2 monté rotatif dans un carter annulaire 3 de la turbomachine 1 par l'intermédiaire de deux paliers de guidage 4. Dans cet exemple, des aubes de rotor 5 sont solidaires de l'arbre de turbine 2 pour entraîner des hélices (non représentées) par l'intermédiaire d'un train épicycloïdal 6 de la turbomachine. Dans cet

exemple, de manière connue par l'homme du métier, les aubes de rotor 5 sont reliées à l'arbre de turbine 2 par un tourillon (non référencé).

Selon l'invention, toujours en référence à la figure 2, la turbomachine 1 comporte une pièce annulaire de référent 10, solidaire d'une première partie A1 de l'arbre 2 de la turbomachine 1 et une pièce annulaire de rapporteur 20 solidaire d'une deuxième partie A2 de l'arbre 2 de la turbomachine 1 qui est distante de ladite première partie A1. Dans cet exemple, la pièce de référent 10 est fixée sur une première partie amont A1 de l'arbre 2 tandis que la pièce de rapporteur 20 est fixée sur une deuxième partie aval A2 de l'arbre 2.

Comme illustré à la figure 3, la pièce de référent 10 et la pièce de rapporteur 20 sont alignées longitudinalement selon l'axe X de la turbomachine 1. La pièce de référent 10 comporte des dents de référent longitudinales courtes 11 et longues 12 tandis que la pièce de rapporteur 20 comportent des dents de rapporteur longitudinales 21.

En référence à la figure 2, la turbomachine comporte en outre des premiers moyens de détection 7 du passage des dents de référent 11, 12 dans un premier plan transversal P1 de manière à mesurer la vitesse de l'arbre 2 de la turbomachine 1 autour de son axe X et des deuxièmes moyens de détection 8 du passage des dents de référent longues 12 et des dents de rapporteur 21 dans un deuxième plan transversal P2 pour déterminer l'écart angulaire entre une dent de référent longue 12 et une dent de rapporteur 21 de manière à mesurer le couple de torsion de l'arbre 2 de la turbomachine 1.

Pièce de référent 10

En référence à la figure 4, la pièce de référent 10 est une pièce annulaire qui s'étend longitudinalement selon l'axe X de la turbomachine. Comme indiqué précédemment, la pièce de référent 10 comporte des dents de référent longitudinales courtes 11 et longues 12. Les dents longitudinales 11, 12 s'étendent longitudinalement par rapport à l'axe X de la turbomachine depuis le corps cylindrique 13 de la pièce de référent 10. Dans cet exemple de réalisation, les dents de référent 11, 12 s'étendent de l'amont vers l'aval mais il va de soi qu'elles pourraient aussi s'étendre de l'aval vers l'amont comme cela sera présenté par la suite.

Les dents de référent 11, 12 sont des dents ferromagnétiques adaptées pour faire réagir des capteurs inductifs comme cela sera présenté par la suite.

En référence à la figure 4, les dents de référent 11, 12 (courtes ou longues) sont réparties à la circonférence du corps cylindrique 13 de la pièce de référent 10. Dans cet exemple, la pièce de référent 10 comporte trente dents dont cinq longues 12 et vingt-cinq courtes 11. De préférence, les

dents de référent longues 12 sont réparties à la circonférence du corps cylindrique 13 de la pièce de référent 10.

En référence à la figure 4, les dents de référent courtes 11 s'étendent toutes à la même distance radiale de l'axe X de la turbomachine. Les dents de référent longues 12 comportent une partie proximale 12A terminée par une partie distale 12B. Autrement dit, chaque dent de référent longue 12 est terminée à son extrémité par une partie distale 12B.

La partie proximale 12A de chaque dent de référent longue 12 s'étend à la même distance radiale de l'axe X de la turbomachine que les dents de référent courtes 11. En outre, les dents de référent courtes 11 et la partie proximale 12A des dents de référent longues 12 s'étendent dans un même plan transversal P1 à l'axe X de la turbomachine. Ce premier plan transversal P1 forme le plan de mesure de la vitesse comme cela sera détaillé par la suite.

Autrement dit, les dents de référent courtes 11 et la partie proximale 12A des dents de référent longues 12 forment un ensemble de dents, désignées dents de vitesse, réparties à la circonférence de la pièce de référent 10, dans un même transversal P1 et à la même distance radiale de l'axe X de la turbomachine. De préférence, les dents de référent courtes 11 et la partie proximale 12A des dents de référent longues 12 possèdent les mêmes dimensions.

La partie distale 12B de chaque dent de référent longue 12 est décalée radialement par rapport à sa partie proximale 12A. Autrement dit, la partie distale 12B et la partie proximale 12A s'étendent à des distances radiales différentes de l'axe X de la turbomachine. Comme illustré à la figure 4, la partie distale 12B de chaque dent de référent longue 12 s'étend à une distance radiale de l'axe X de la turbomachine qui est inférieure à la distance radiale pour les dents de référent courtes 11. Autrement dit, la partie distale 12B de chaque dent de référent longue 12 est plus proche de l'axe de la turbomachine que sa partie proximale 12A de manière à limiter sa déformation centrifuge liée à sa longueur en conférant de la raideur à la dent de référent longue 12.

La partie distale 12B des dents de référent longues 12 s'étendent dans un même plan transversal P2 à l'axe X de la turbomachine. Ce deuxième plan transversal P2 forme le plan de mesure du couple de torsion comme cela sera détaillé par la suite.

Comme illustré aux figures 2 et 5, la pièce de référent 10 est montée de manière solidaire à l'arbre de turbine 2, extérieurement à ce dernier. Dans l'exemple de la figure 5, l'extrémité amont de la pièce de référent 10 comporte des cannelures 14 adaptées pour coopérer avec des cannelures de l'arbre de turbine 2 afin d'assurer, d'une part, une solidarisation axiale et, d'autre part, une solidarisation en rotation au niveau de la première partie amont A1 de l'arbre de turbine 2. Il va de soi que d'autres moyens de solidarisation pourraient également convenir. De préférence, la pièce de référent 10 comporte des moyens de détrompage pour faciliter son montage.

Lors du montage, la pièce de référent 10 est insérée de l'amont vers l'aval pour se fixer à l'arbre de turbine 2 avant d'être verrouillée par un écrou de verrouillage. Dans cet exemple, en référence à la figure 5, la turbomachine comporte un arbre intermédiaire 2' monté entre l'arbre de turbine 2 et un tourillon 2'', l'arbre intermédiaire 2', l'arbre de turbine 2 et le tourillon 2'' étant solidaires en rotation.

La liaison entre l'arbre de turbine 2 et l'arbre intermédiaire 2' est réalisée au moyen d'une liaison cannelée de manière à ce qu'un élément de centrage de la partie de la liaison cannelée située sur l'arbre intermédiaire 2' appuie sur la pièce référent 10 lors de l'assemblage, le blocage axial étant réalisé lors du serrage de l'écrou 15 situé à l'extrémité gauche sur la figure 5.

Comme illustré à la figure 2, la pièce de référent 10 s'étend longitudinalement autour de l'arbre de turbine 2 de manière à ce que les dents de référent 11, 12 s'étendent à distance de la première partie amont A1 de l'arbre de turbine 2 à laquelle la pièce de référent 10 est fixée. Il en résulte que les dents de référent 11, 12 de la pièce de référent 10 permettent de représenter le couple de torsion reçu par l'arbre de turbine au niveau de la première partie amont A1 de l'arbre de turbine 2.

Pièce de rapporteur 20

En référence à la figure 6, la pièce de rapporteur 20 est une pièce annulaire qui s'étend longitudinalement selon l'axe X de la turbomachine. Comme indiqué précédemment, la pièce de rapporteur 20 comporte des dents rapporteur longitudinales 21. Les dents de rapporteur 21 s'étendent longitudinalement par rapport à l'axe X de la turbomachine depuis le corps cylindrique 22 de la pièce rapporteur 20. Dans cet exemple de réalisation, les dents de rapporteur 21 s'étendent de l'aval vers l'amont mais il va de soi qu'elles pourraient aussi s'étendre de l'amont vers l'aval.

Les dents de rapporteur 21 sont des dents ferromagnétiques adaptées pour faire réagir des capteurs inductifs comme cela sera présenté par la suite.

En référence à la figure 6, les dents de rapporteur 21 sont réparties à la circonférence du corps cylindrique 22 de la pièce de rapporteur 20. Dans cet exemple, la pièce de rapporteur 20 comporte cinq dents de rapporteur 21. De manière préférée, la pièce de rapporteur 20 comporte autant de dents de rapporteur 21 que de dents de référent longues 12.

Les dents de rapporteur 21 s'étendent toutes à la même distance radiale R_b de l'axe X de la turbomachine, c'est-à-dire, à la même distance radiale que la partie distale 12B des dents de référent longues 12. En outre, les dents de rapporteur 21 s'étendent dans un même plan transversal P2 à l'axe X de la turbomachine comme cela sera détaillé par la suite.

Comme illustré aux figures 2 et 7, la pièce de rapporteur 20 est montée de manière solidaire à l'arbre de turbine 2, extérieurement à ce dernier. Dans l'exemple de la figure 7, l'extrémité aval de la pièce de rapporteur 20 est montée par crabotage sur la deuxième partie aval A2 de l'arbre de turbine 2 afin d'assurer, d'une part, une solidarisation axiale et, d'autre part, une solidarisation en rotation au niveau de la deuxième partie aval A2 de l'arbre de turbine 2. Il va de soi que d'autres moyens de solidarisation pourraient également convenir.

Lors du montage, la pièce de rapporteur 20 est insérée de l'amont vers l'aval pour se fixer à l'arbre de turbine 2 avant d'être verrouillée par un écrou de verrouillage 23. Comme illustré à la figure 7, la pièce de rapporteur 20 s'étend longitudinalement autour de l'arbre de turbine 2 de manière à ce que les dents de rapporteur 21 s'étendent de l'aval vers l'amont. La longueur longitudinale de la pièce de rapporteur 20 est courte par rapport à celle de la pièce de référent 10. Il en résulte que les dents de rapporteur 21 de la pièce de rapporteur 20 permettent de représenter le couple de torsion reçu par l'arbre de turbine au niveau de la deuxième partie aval A2 de l'arbre de turbine 2.

Moyens de détection 7 et 8

Selon l'invention, la turbomachine 1 comporte des premiers moyens de détection 7 du passage des dents de référent 11, 12 dans le premier plan transversal P1 et des deuxièmes moyens de détection 8 du passage des dents de référent longues 12 et des dents de rapporteur 21 dans le deuxième plan transversal P2.

Les moyens de détection 7, 8 sont solidaires du carter 3 de la turbomachine comme illustré à la figure 2. De préférence, les moyens de détection 7, 8 se présentent respectivement sous la forme de capteurs inductifs 71, 81 s'étendant dans deux plans transversaux distincts P1, P2. Il va de soi que les moyens de détection pourraient être divers, en particulier, des capteurs optiques ou capacitifs pourraient également convenir.

Dans cet exemple, en référence à la figure 8, les capteurs inductifs des premiers et des deuxièmes moyens de détection 7, 8 sont monté solidairement à un support annulaire 9 qui est monté solidairement au carter 3. Toujours en référence à la figure 8, les capteurs inductifs 71, 81 sont orientés radialement vers l'axe X de la turbomachine 1 de manière à détecter le passage des dents 11, 12, 21.

Les capteurs inductifs 71 des premiers moyens de détection 7, désignés par la suite capteurs de vitesse 71, sont répartis à la circonférence du carter 3 dans le premier plan P1 et à une même distance radiale de l'axe X de la turbomachine. De manière similaire, les capteurs inductifs 81 des deuxièmes moyens de détection 8, désignés par la suite capteurs de couple 81, sont répartis à la circonférence du carter 3 dans le deuxième plan P2 et à une même distance radiale de l'axe X de la turbomachine. De manière préférée, les capteurs de vitesse 71 et les capteurs de couple 81 sont

alternés, c'est-à-dire en quinconce, de manière limiter à le risque d'interférences entre des capteurs 71, 81 n'appartenant pas à un même plan P1, P2 et à limiter l'encombrement.

En outre, les capteurs de vitesse 71 sont plus éloignés de l'axe X de la turbomachine par comparaison aux capteurs de couple 81 de manière à compenser l'écart radial entre la partie distale 12B et la partie proximale 12A des dents de rapporteurs longues 12. Chaque capteur inductif 71, 81 est ainsi à la même distance radiale des dents 11, 12, 21 dont il doit surveiller le passage ce qui est avantageux. De préférence, les capteurs inductifs 71, 81 sont tous identiques et connus de l'homme du métier.

Les moyens de détection 7, 8 sont reliés à un calculateur (non représenté) de la turbomachine 1 qui est adapté pour calculer la vitesse de l'arbre 2 et le couple de torsion en fonction des informations fournies par les moyens de détection 7, 8.

Exemple de mise en œuvre

Un exemple de mise en œuvre de l'invention est représentée aux figures 2 et 9 sur lesquelles la pièce de référent 10 et la pièce de rapporteur 20 sont solidarisées à l'arbre de turbine 2 de manière à ce que la partie distale 12B des dents de référent longues 12 s'étendent dans le même plan transversal P2 que les dents de rapporteur 21.

En référence à la figure 9, dans le premier plan P1, les capteurs de vitesse 71 des premiers moyens de détection 7 surveillent le passage des dents de vitesse de la pièce de référent 10, c'est-à-dire, les dents de référent courtes 11 et la partie proximale 12A des dents de référent longues 12. Du fait de leur nature ferromagnétique, les dents de vitesse 11, 12A font réagir les capteurs de vitesse 71 par induction lors de leur rotation. Ainsi, un capteur de vitesse donné 71 mesure le temps de passage moyen entre deux dents de référent successives. Ainsi, les capteurs de vitesse 71 peuvent en déduire la vitesse de rotation angulaire de la pièce de référent 10 et, par voie de conséquence, la vitesse de rotation de l'arbre de turbine 2 sur lequel la pièce de référent 10 est montée de manière solidaire. Comme les dents de référent courtes 11 et la partie proximale 12A des dents de référent longues 12 sont à la même distance radiale, les capteurs de vitesse 71 mesurent de manière homogène la vitesse de rotation. De préférence, les données des différents capteurs de vitesse 71 sont moyennées pour obtenir la vitesse de l'arbre 1.

La mesure de la vitesse de rotation de l'arbre 2 est réalisée de préférence au moyen de la pièce la plus en amont de manière à permettre une mesure de vitesse en cas de rupture de l'arbre, la pièce la plus en aval n'étant plus entraînée.

Toujours en référence à la figure 9, dans le deuxième plan P2, les capteurs de couple 81 des deuxième moyens de détection 8 surveillent le passage des dents de rapporteur 21 et de la partie

distale 12B des dents de référent longues 12. Du fait de leur nature ferromagnétique, lesdites dents 21, 12B font réagir les capteurs de couple 81 par induction lors de leur rotation. Ainsi, un capteur de couple donné 81 mesure le temps de passage entre une dent de référent longue 12 et une dent de rapporteur 21. De manière préférée, l'angle de torsion est mesuré par des capteurs de couple 81 qui sont diamétralement opposés dans le carter 3.

Ainsi, les capteurs de couple 81 peuvent en déduire l'évolution de l'écart angulaire entre une dent de rapporteur 21 et la partie distale 12B d'une dent de référent longue 12 par rapport à un écart angulaire prédéterminé. En effet, lorsque l'arbre de turbine 2 est arrêté, l'écart angulaire entre une dent de rapporteur 21 et la partie distale 12B d'une dent de référent longue 12 est parfaitement défini étant donné que les deux dents 21, 12B sont solidaires de l'arbre de turbine 2 qui est immobile.

Au cours de la rotation de l'arbre de turbine 2, ce dernier subit un couple de torsion autour de son axe X. Ce couple de torsion se traduit par une évolution de l'écart angulaire défini à l'arrêt. Cet écart angulaire est connu de l'homme du métier sous la désignation d'angle de torsion. Comme la pièce de référent 10 et la pièce de rapporteur 20 sont reliées respectivement à des parties amont A1 et aval A2 de l'arbre 2 qui sont distantes l'une de l'autre, toute modification de l'écart angulaire relatif à un couple de torsion entre les positions d'implantation A1, A2 du référent 10 et du rapporteur 20 sur l'arbre de turbine 2 est mis en évidence, l'écart angulaire étant fonction de la distance entre les parties de fixation A1, A2. De manière classique, le couple de torsion est déterminé à partir de tables de calibration qui associent un angle de torsion à un couple de torsion pour un arbre de turbomachine donné.

Un exemple comparatif est illustré à la figure 10 dans lequel sont représentés plusieurs profils de tension mesurés par un capteur de couple 81 lors du passage d'une dent de référent (trait épais), d'une dent de rapporteur pour un arbre de turbine 2 sans torsion (trait discontinu) et d'une dent de rapporteur pour un arbre de turbine 2 avec torsion (trait fin).

Pour un arbre de turbine 2 sans torsion, l'écart angulaire T1 entre une dent de référent 12 et une dent de rapporteur 21 est identique à l'écart angulaire T0 défini à l'état initial lorsque l'arbre 2 est arrêté. Par contre, pour un arbre de turbine 2 avec torsion, l'écart angulaire T2 entre la dent de référent 12 et la dent de rapporteur 21 est différent de l'écart angulaire T0 défini à l'état initial lorsque l'arbre 2 est arrêté. En effet, on remarque sur la figure 10 que le profil de tension de la dent de rapporteur 21 est plus proche du profil de tension de la dent de référent 12 ce qui traduit un rapprochement des dents 12, 21 au cours de la rotation de l'arbre, c'est-à-dire, un couple de torsion. La perturbation du profil de tension permet d'obtenir un écart temporel entre le passage de deux dents. Ensuite, la connaissance de la vitesse de rotation de l'arbre de turbine 2 grâce aux capteurs de vitesse 71 permet de déduire l'écart angulaire recherché.

La turbomachine selon l'invention permet de surveiller la survitesse et le surcouple de l'arbre de turbine 2 en conservant un encombrement limité et une masse limitée. La pièce de référent 10 participe de manière avantageuse à la mesure de vitesse et de couple ce qui permet de limiter la masse de la turbomachine 1. En outre, les plans transversaux de mesure P1, P2 sont proches l'un de l'autre ce qui permet de confiner l'ensemble des moyens de détection 7, 8 à un même lieu ce qui limite l'encombrement de la turbomachine 1.

Une deuxième forme de réalisation de l'invention est décrite en référence à la figure 11. Les références utilisées pour décrire les éléments de structure ou fonction identique, équivalente ou similaire à celles des éléments de la figure 2 sont les mêmes, pour simplifier la description. D'ailleurs, l'ensemble de la description du mode de réalisation de la figure 2 n'est pas reprise, cette description s'appliquant aux éléments de la figure 11 lorsqu'il n'y a pas d'incompatibilités. Seules les différences notables, structurelles et fonctionnelles, sont décrites.

Dans la deuxième forme de réalisation de la figure 11, le corps cylindrique 22 de la pièce de rapporteur 20 est radialement extérieur au corps cylindrique 13 de la pièce de référent 10, les dents de rapporteur 21 et les dents de référent 12 s'étendent de l'aval vers l'amont. Dans cet exemple, la pièce de rapporteur 20 est solidarisée en amont de la pièce de référent 10 comme illustré à la figure 11.

20

25

REVENDICATIONS

1. Turbomachine (1), notamment pour aéronef, comportant au moins un arbre axial (2) monté rotatif dans un carter (3) de la turbomachine (1), la turbomachine (1) comportant :
 - une pièce annulaire de référent (10) solidaire d'une première partie (A1) de l'arbre de la turbomachine (1), la pièce de référent (10) comportant des dents de référent longitudinales courtes (11) et longues (12),
 - des premiers moyens (7) de détection du passage des dents de référent courtes (11) et longues (12) dans un premier plan transversal (P1) de manière à mesurer la vitesse de l'arbre (2) de la turbomachine (1) autour de son axe (X) ;
 - une pièce annulaire de rapporteur (20) solidaire d'une deuxième partie (A2) de l'arbre de la turbomachine (1) distante de ladite première partie (A1), la pièce de rapporteur (20) comportant des dents de rapporteur longitudinales (21), et
 - des deuxièmes moyens (8) de détection du passage des dents de référent longues (12) et des dents de rapporteur (21) dans un deuxième plan transversal (P2) de manière à mesurer le couple de torsion de l'arbre (2) de la turbomachine (1).
2. Turbomachine selon la revendication 1, dans laquelle les dents de référent courtes (11) et les dents de rapporteur (21) sont à des distances radiales différentes de l'axe (X) de la turbomachine (1).
3. Turbomachine selon l'une des revendications 1 à 2, dans laquelle chaque dent de référent longue (12) comporte une partie proximale (12A) et une partie distale (12B) qui sont à des distances radiales différentes de l'axe (X) de la turbomachine (1).
4. Turbomachine selon la revendication 3, dans laquelle la partie proximale (12A) de chaque dent de référent longue (12) s'étend à la même distance radiale que les dents de référent courtes (11).
5. Turbomachine selon l'une des revendications 2 à 3, dans laquelle la partie proximale (12A) d'une dent de référent longue (12) est radialement extérieure à sa partie distale (12B).
6. Turbomachine selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle la turbomachine comporte le même nombre de dents de référent longues (12) et de dents de rapporteur (21).
7. Turbomachine selon l'une des revendications 1 à 6, dans laquelle les premiers moyens de détection (7) et les deuxièmes moyens de détection (8) sont à des distances radiales différentes de l'axe (X) de la turbomachine (1).

8. Turbomachine selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle les premiers moyens de détection (7) et les deuxièmes moyens de détection (8) se présentent respectivement sous la forme de capteurs inductifs de vitesse (71) et de capteurs inductifs de couple (81), les capteurs de vitesse (71) et les capteurs de couple (81) étant identiques.

5

9. Turbomachine selon la revendication 8, dans laquelle, les capteurs de vitesse (71) et les capteurs de couple (81) sont solidaires du carter (3) de la turbomachine et alternés à la circonférence du carter (3).

10

10. Procédé de surveillance d'un arbre axial (2) d'une turbomachine (1) monté rotatif dans un carter de la turbomachine (3), la turbomachine comportant une pièce annulaire de référent (10) solidaire d'une première partie (A1) de l'arbre de la turbomachine (1), la pièce de référent (10) comportant des dents de référent longitudinales courtes (11) et longues (12), une pièce annulaire de rapporteur (20) solidaire d'une deuxième partie (A2) de l'arbre de la turbomachine (1) distante de ladite première partie (A1), la pièce de rapporteur (20) comportant des dents de rapporteur longitudinales (21), le procédé comportant :

15

- une étape de détection du passage des dents de référent courtes (11) et longues (12) dans un premier plan transversal (P1) de manière à mesurer la vitesse de l'arbre (2) de la turbomachine (1) autour de son axe (X) ; et

20

- une étape de détection du passage des dents de référent longues (12) et des dents de rapporteur (21) dans un deuxième plan transversal (P2) de manière à mesurer le couple de torsion de l'arbre (2) de la turbomachine (1).

1 / 6

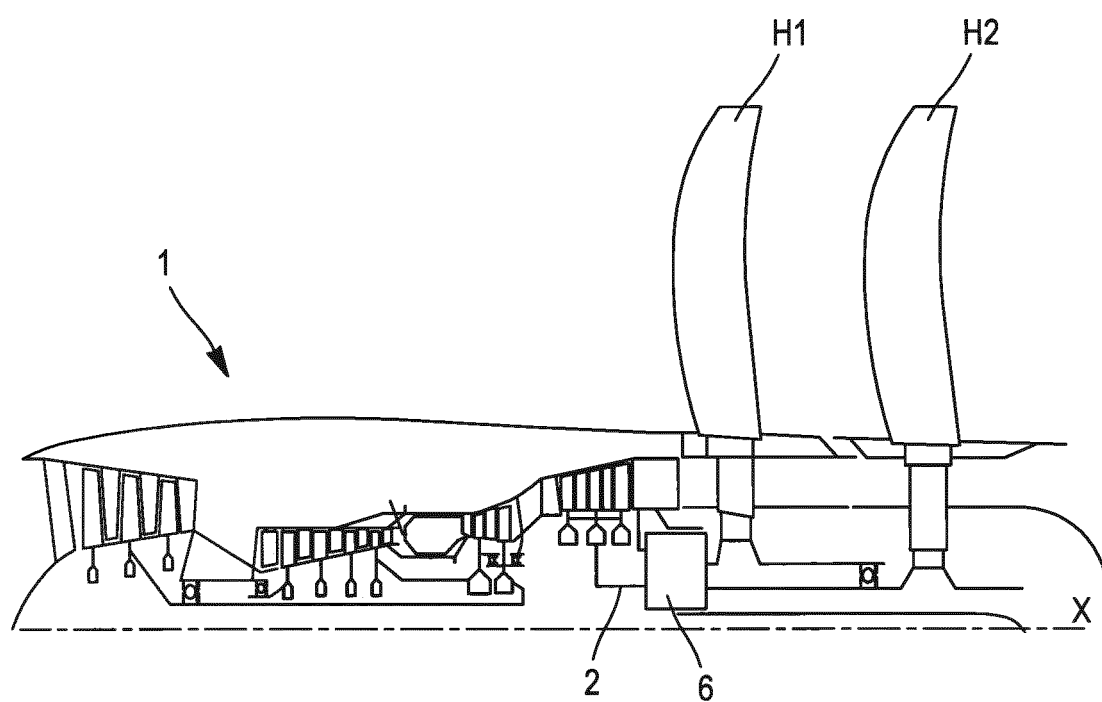


FIG. 1

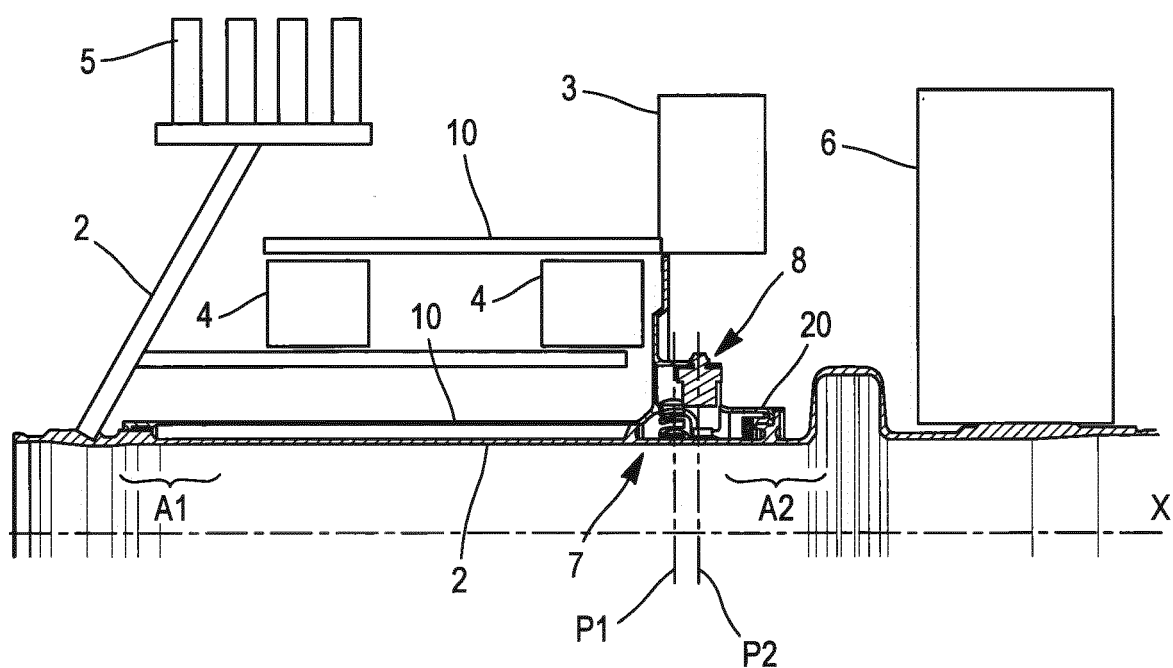


FIG. 2

2/6

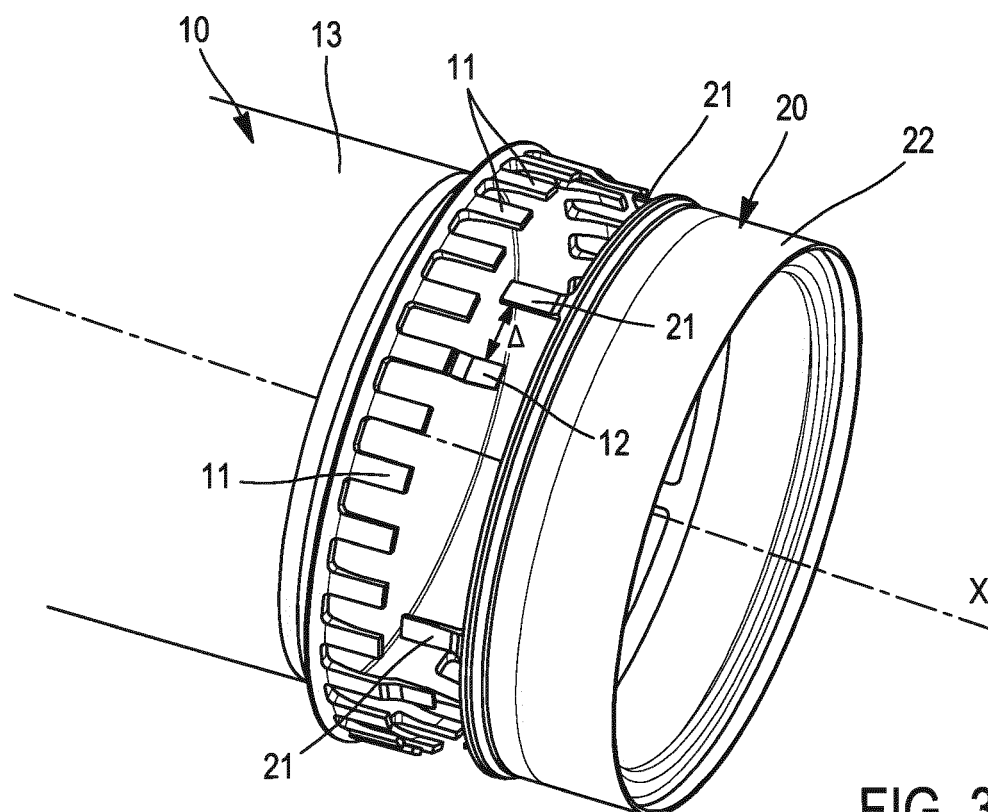


FIG. 3

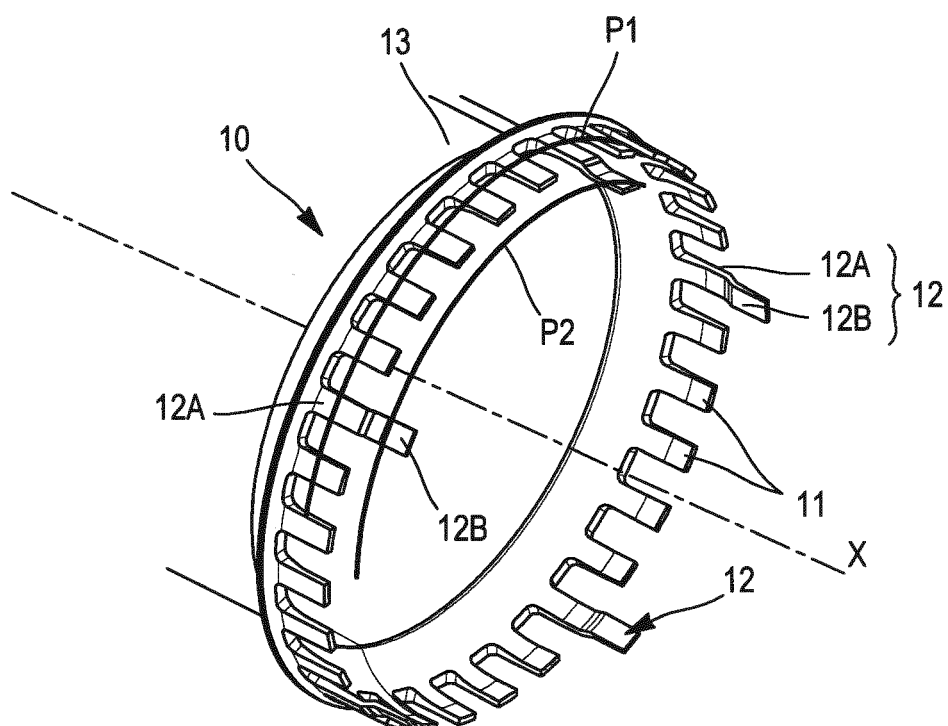


FIG. 4

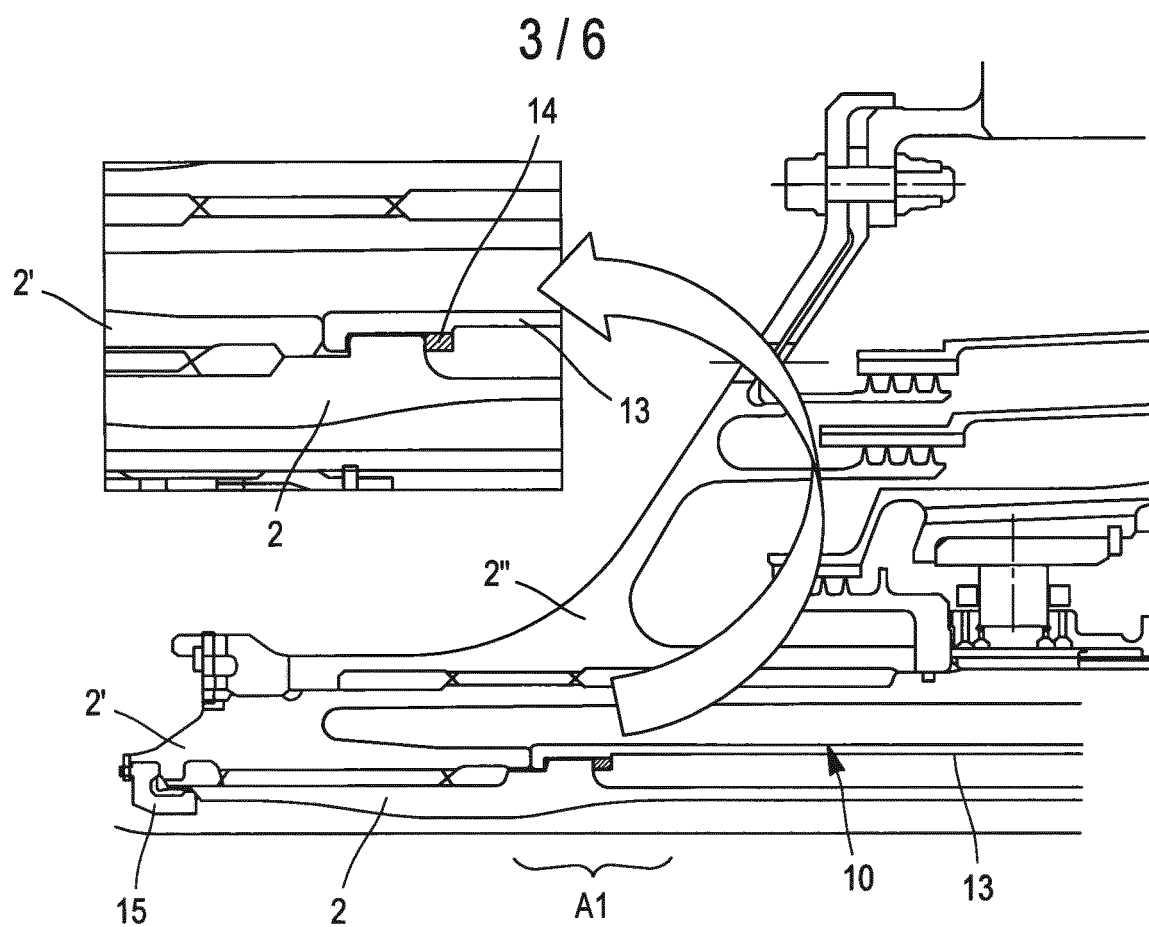


FIG. 5

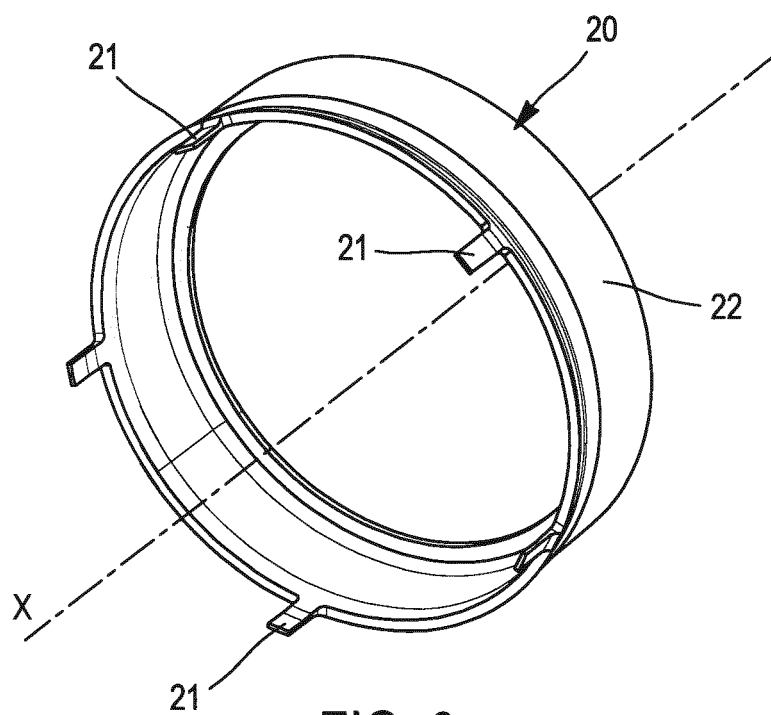


FIG. 6

4 / 6

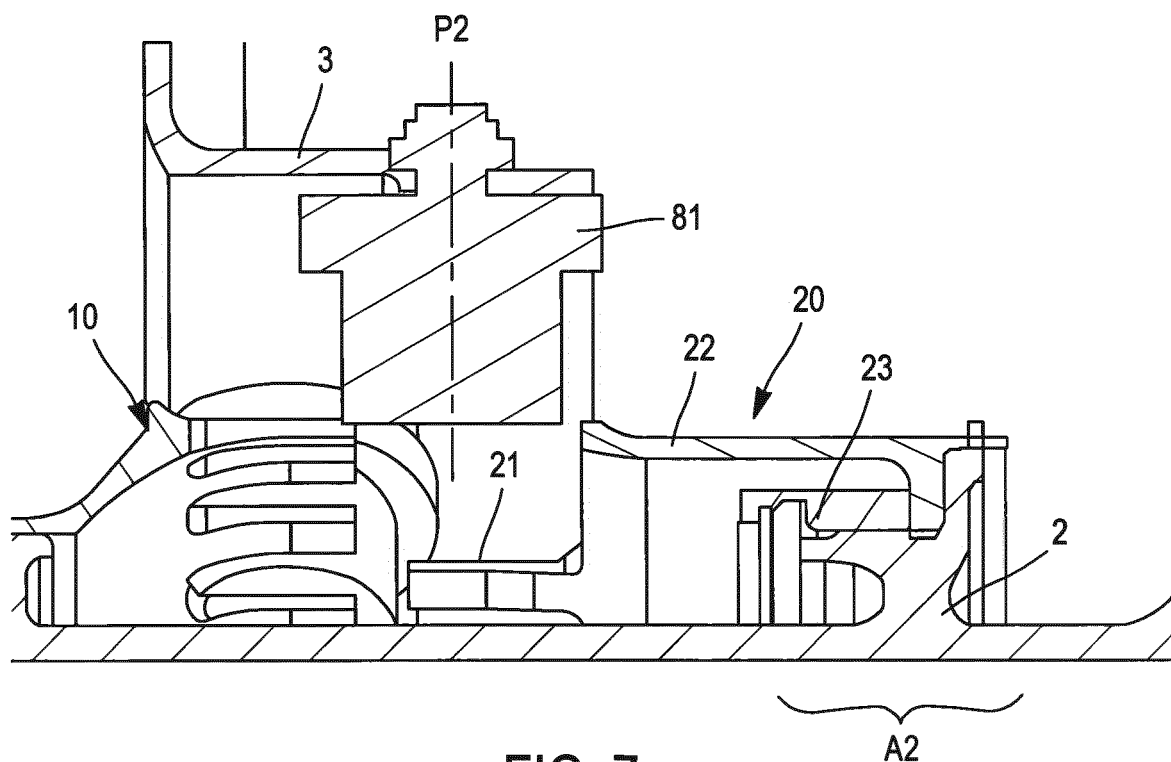


FIG. 7

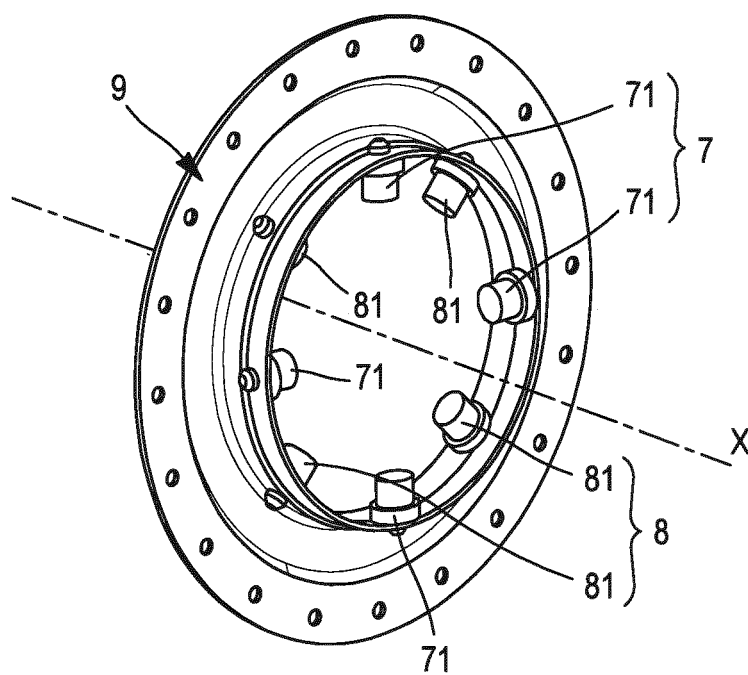


FIG. 8

5/6

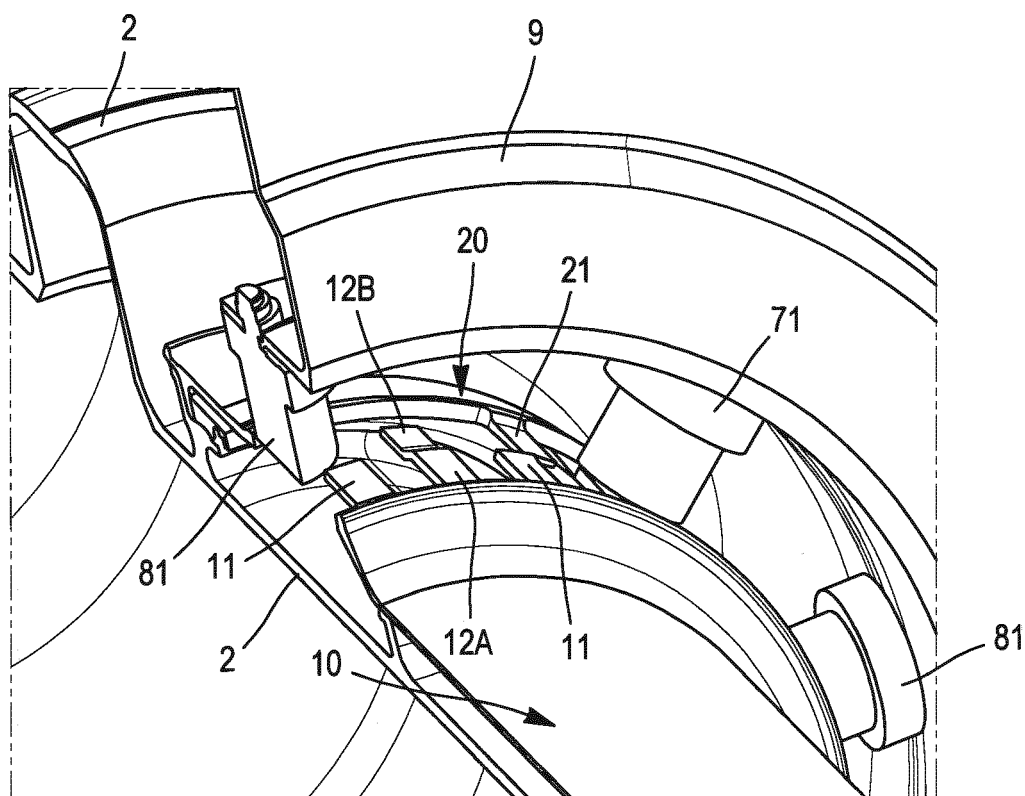


FIG. 9

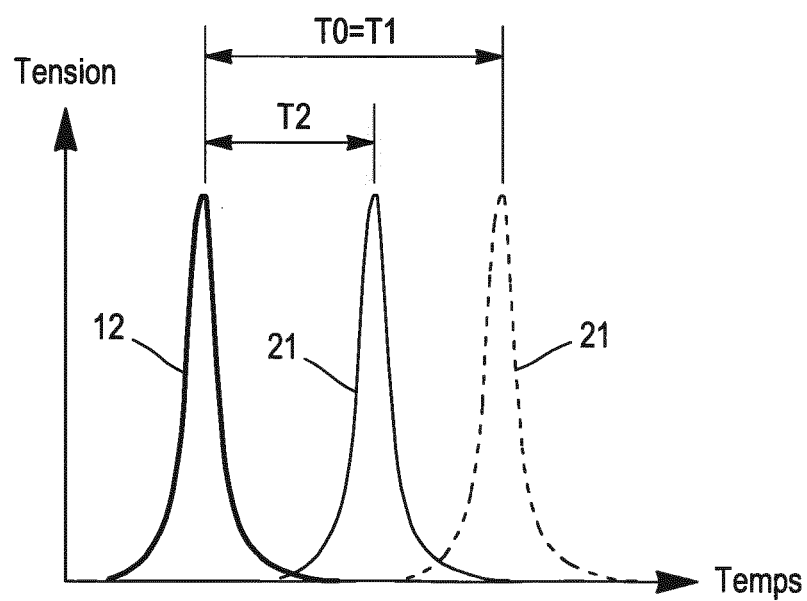


FIG. 10

6 / 6

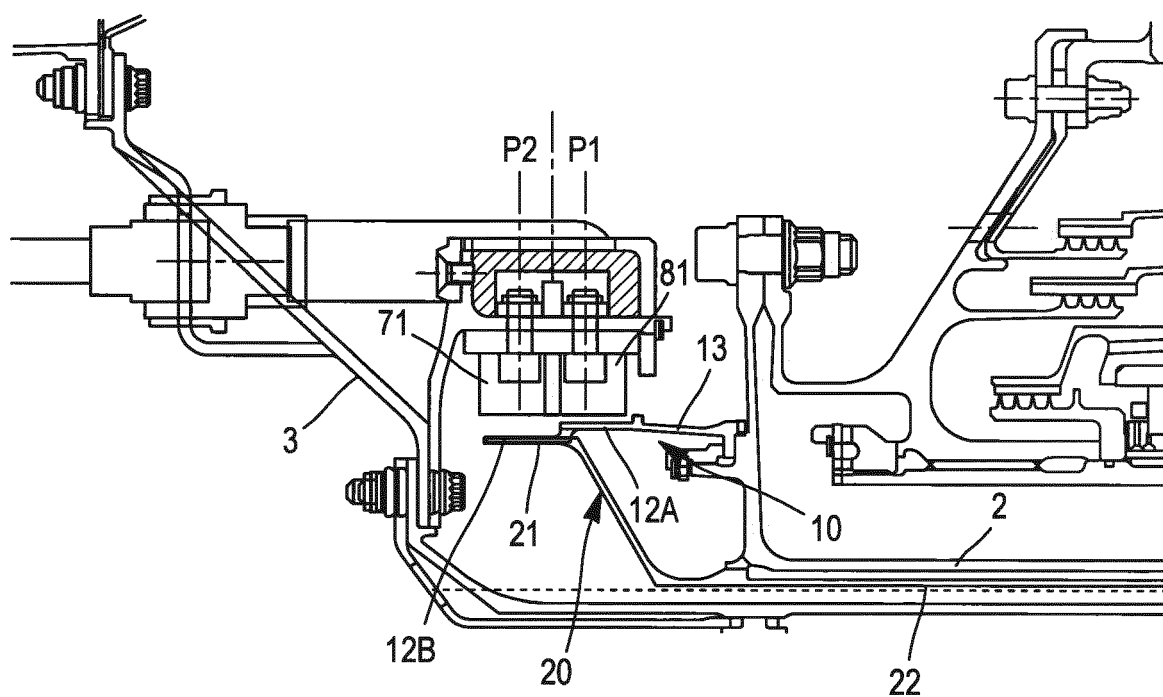


FIG. 11



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 769356
FR 1258317

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		
A	US 4 682 505 A (MORISSETTE PIERRE [CA] ET AL) 28 juillet 1987 (1987-07-28) * colonne 1, ligne 38 - ligne 40 * * colonne 2, ligne 27 - colonne 3, ligne 16 * * abrégé; figures *	1,6,8-10	F02C7/00
A	FR 2 373 044 A1 (MOTOREN TURBINEN UNION [DE]) 30 juin 1978 (1978-06-30) * page 1, ligne 1 - ligne 6 * * page 3, ligne 6 - ligne 20 * * page 5, ligne 19 - page 7, ligne 10 * * figures *	1,6,8-10	
A	GB 604 182 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC INT CO) 29 juin 1948 (1948-06-29) * page 1, ligne 51 - page 2, ligne 52 * * page 3, ligne 21 - ligne 127 * * page 4, ligne 15 - ligne 107 * * figures *	1,6,8-10	
A	GB 617 064 A (MORDICAI SQUIRES; JOHN HENRY MITCHELL; DAVID BRECHNER; HAROLD WILLIAM) 1 février 1949 (1949-02-01) * page 6, ligne 73 - ligne 86 * * page 7, ligne 111 - page 9, ligne 94 * * figures *	1,6,8,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F01D F02K G01P G01L F02C
A	FR 2 595 821 A1 (TURBOMECA [FR]) 18 septembre 1987 (1987-09-18) * page 1, ligne 1 - ligne 4 * * page 5, ligne 23 - page 6, ligne 28 * * figures *	1,6,8,10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 juin 2013		O'Shea, Gearóid	
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 1258317 FA 769356

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 **19-06-2013**

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
US 4682505	A	28-07-1987	AUCUN	

FR 2373044	A1	30-06-1978	DE 2654863 B1	20-04-1978
			FR 2373044 A1	30-06-1978
			GB 1592990 A	15-07-1981
			IT 1090803 B	26-06-1985
			US 4150566 A	24-04-1979

GB 604182	A	29-06-1948	AUCUN	

GB 617064	A	01-02-1949	AUCUN	

FR 2595821	A1	18-09-1987	DE 3627739 A1	24-09-1987
			FR 2595821 A1	18-09-1987
			GB 2187843 A	16-09-1987
			US 4774845 A	04-10-1988
