(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 125 589***

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **21 08110**

(51) Int Cl[8] : ***G 01 M 15/12*** *(2020.12), G 01 M 15/14, G 01 H 9/00*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 26.07.21.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 27.01.23 Bulletin 23/04.

(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) :** GIRAUDEAU Thomas, LEYNAUD Robin, MONTIN Frédéric, HOUPLON Anaïs et MEUNIER Philippe Christian Matthieu.

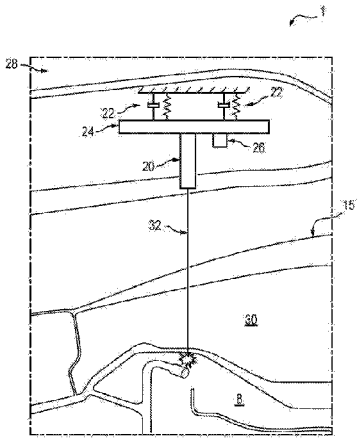
(73) **Titulaire(s) :** Safran Aircraft Engines Société par actions simplifiée (SAS).

(74) **Mandataire(s) :** REGIMBEAU.

(54) Dispositif de mesure des vibrations dans une turbomachine.

(57) Le dispositif (1) comprend:- une turbomachine (1) comprenant un carter externe (15), et- un organe (20) de mesure de vibrations par laser configuré pour émettre un rayon laser depuis l'extérieur du carter, à distance du carter, jusqu'à l'intérieur d'un volume du carter.

Figure de l'abrégé : Fig. 2



FR 3 125 589 - A1

Description

Titre de l'invention : Dispositif de mesure des vibrations dans une turbomachine

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] L'invention concerne la mesure des vibrations dans les turbomachines.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] La mesure des vibrations dans les parties chaudes des turbomoteurs d'avion est difficile à réaliser avec des accéléromètres conventionnels, notamment dans les zones exposées à de très fortes sollicitations vibratoires en haute fréquence (par exemple des fréquences multiples du régime de rotation du rotor haute pression dans le cas d'un turboréacteur à double corps). C'est un constat fait dans certains moteurs d'avion notamment dans la zone proche du rouet. On rappelle que le rouet désigne l'organe mobile d'un compresseur centrifuge. En effet, la forte chaleur couplée à la forte sollicitation vibratoire en haute fréquence ont tendance à endommager les accéléromètres usuels placés dans cette zone.

[0003] Un but de l'invention est donc de faciliter la mesure des vibrations dans les parties chaudes d'un turbomoteur.

Exposé de l'invention

[0004] A cet effet, on prévoit selon l'invention un dispositif comprenant :

- une turbomachine comprenant un carter externe, et
- un organe de mesure de vibrations configuré pour émettre un rayon laser depuis l'extérieur du carter, à distance du carter, jusqu'à l'intérieur d'un volume du carter.

[0005] Ainsi, l'organe de mesure se trouve à bonne distance de la partie de la turbomachine soumise à une chaleur élevée et à de fortes vibrations. Comme le rayon laser pointe sur cette partie chaude, la mesure des vibrations de celle-ci est rendue possible.

[0006] Dans un mode de réalisation, la turbomachine est à double flux, le carter externe étant un carter d'une partie centrale délimitant une veine d'air primaire à l'intérieur de la partie centrale,la turbomachine comprenant une nacelle délimitant une veine d'air secondaire entre la nacelle et la partie centrale, la nacelle comprenant l'organe de mesure.

[0007] Ainsi, la turbomachine forme le dispositif et l'organe de mesure est cette fois incorporé à la turbomachine, qui peut être par exemple une machine de test, donc non destinée à être utilisée en vol d'exploitation. L'organe de mesure se trouve à bonne distance de la partie centrale qui est la partie la plus chaude. Il se trouve au contraire dans la nacelle qui est, par comparaison, une partie froide. Comme le rayon laser pointe sur la partie chaude, la mesure des vibrations de celle-ci est rendue possible. L'invention permet donc notamment de mesurer des vibrations hautes fréquences par

laser dans les parties très chaudes d'une turbomachine et très sévères en vibration haute fréquence (celles proches du rouet par exemple).

[0008] Le dispositif pourra présenter en outre au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- l'organe de mesure est relié à la nacelle par l'intermédiaire d'au moins un amortisseur de vibrations formant un filtre passe-bas ;
- la nacelle comprend en outre un accéléromètre ;
- le dispositif comprend un support portant l'organe de mesure et l'accéléromètre et relié à la nacelle par l'intermédiaire de l'amortisseur ;
- le dispositif est configuré de sorte que le rayon laser traverse une fenêtre d'une trappe de maintenance du carter ;
- le dispositif est configuré de sorte que le rayon laser arrive dans une zone située au droit d'une jonction entre un compresseur et une chambre de combustion de la turbomachine ;
- la turbomachine comprend un compresseur centrifuge ; et
- la turbomachine forme un turboréacteur à double corps.

[0009] Dans un autre mode de réalisation, l'organe de mesure se trouve hors de la turbomachine.

[0010] Le dispositif comprend alors par exemple un banc de test incorporant l'organe de mesure. Ce banc est configuré pour recevoir la turbomachine à tester.

[0011] On prévoit également selon l'invention un procédé pour mesurer des vibrations dans une turbomachine dans lequel on émet un rayon laser depuis l'extérieur d'un carter externe de la turbomachine, à distance du carter, jusqu'à l'intérieur d'un volume du carter.

DESCRIPTION DES FIGURES

[0012] Nous allons maintenant présenter deux modes de réalisation de l'invention à titre d'exemples non-limitatifs à l'appui des dessins sur lesquels :

[0013] [Fig.1] la [Fig.1] est une vue en coupe axiale d'un turbomoteur formant un premier mode de réalisation de l'invention ;

[0014] [Fig.2] la [Fig.2] est une vue à plus grande échelle d'un détail du turbomoteur de la [Fig.1] ; et

[0015] [Fig.3] la [Fig.3] est une vue d'un dispositif selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

[0016] La turbomachine du premier mode de réalisation illustrée sur les figures 1 et 2 est un turboréacteur à double flux et double corps. Il s'agit en l'espèce d'un moteur dont l'architecture est du type du moteur dénommé Silvercrest et commercialisé par Safran Aircraft Engines.

[0017] Le moteur 1 présente un axe principal X-X qui sert d'axe de rotation de la partie

mobile par rapport au stator.

[0018] Il comprend d'amont en aval, donc de gauche à droite sur la [Fig.1], une soufflante 2, un compresseur basse pression 4, un compresseur haute pression 6 (ce dernier est à plusieurs étages dont le dernier est un étage centrifuge), une chambre de combustion 8, une turbine haute pression 10 et une turbine basse pression 12. Ces éléments, à l'exception de la soufflante, appartiennent à une partie centrale 13 du turboréacteur délimitée par un carter externe 15. Leurs parties mobiles à rotation autour de l'axe X-X forment le rotor. La partie mobile du dernier étage du compresseur haute pression 6 forme le rouet.

[0019] Le compresseur haute pression 6, la chambre de combustion 8 et la turbine haute pression 10 forment un corps à haute pression 14, qui conjointement avec le compresseur basse pression 4 et la turbine basse pression 12 définissent une veine primaire 11 d'écoulement d'air dans la partie centrale 13.

[0020] Une nacelle 16 entoure la soufflante 2 et la partie centrale 13 de façon à former et à définir une veine secondaire 17 d'écoulement d'air entre la nacelle et la partie centrale 13. La nacelle a son propre carénage externe 19.

[0021] La turbomachine comprend un organe 20 de mesure de vibrations par laser, en l'espèce logé dans la nacelle 16. Comme illustré à la [Fig.2], l'organe 20 est relié à la nacelle par l'intermédiaire d'au moins un amortisseur de vibrations 22 formant un filtre passe-bas. Les amortisseurs sont ici au nombre de deux.

[0022] La nacelle 16 comprend aussi un accéléromètre 26 configuré pour mesurer des vibrations auxquelles est exposé l'organe 20. Elle comprend un support 24 portant l'organe 20 et l'accéléromètre 26 et relié à la nacelle par l'intermédiaire des amortisseurs 22 disposés en parallèle.

[0023] La turbomachine est configurée pour que l'organe de mesure 20 émette un rayon laser 32 depuis l'extérieur du carter 15 de la partie centrale, à distance de ce dernier, jusqu'à l'intérieur d'un volume de ce carter. Le rayon laser a ici une orientation radiale à l'axe X-X. Il impacte par exemple une zone interne du carter 15 située au droit d'une jonction entre le compresseur haute pression 6 et la chambre de combustion 8 par référence à l'axe X-X. Le rayon laser est orienté de telle sorte à impacter une zone interne du carter au droit de la surface dont on cherche à mesurer les vibrations comme par exemple la peau du compresseur centrifuge.

[0024] Une trappe de maintenance ménagée dans le carter 15 est par exemple laissée ouverte de sorte que le rayon laser 32 traverse une fenêtre de cette trappe. En variante, on peut aussi prévoir de simplement ménager un orifice dans la paroi externe de ce carter (dénommée en anglais *Inner Fan Duct* ou IFD) pour le passage du laser.

[0025] Comme illustré à la [Fig.1], on peut ainsi identifier au sein du moteur une zone 28 soumise à des températures relativement basses et à de fortes sollicitations vibratoires

de fréquences relativement basses. De telles fréquences sont par exemple inférieures à 2500 Hz. Cette zone inclue généralement toute la nacelle 16, la veine secondaire 17 et les composants environnants ainsi que la portion avant de la partie centrale 13 en amont du compresseur haute pression 6 par référence est une direction du flux d'air à l'intérieur de la partie centrale.

[0026] On peut aussi identifier une zone 30 soumise à des températures relativement hautes et de fortes sollicitations vibratoires majoritairement de fréquences relativement hautes. De telles fréquences sont par exemple comprises entre 2 500 et 20 000 Hz. Cette zone inclue tout le reste de la partie centrale 13. On mesure par exemple dans les moteurs Silvercrest des vibrations de fortes amplitudes à des fréquences d'environ 13 000 Hz.

[0027] La zone froide 28 est tout de même soumise à des vibrations à haute fréquence, même si elles sont moins sévères. Les amortisseurs 22 sont donc configurés pour filtrer de telles fréquences et pour que l'organe 20 ne vibre pas en haute fréquence. Cette configuration se fait notamment par la détermination des raideurs C et K de chaque amortisseur. Les amortisseurs 22 forment des filtres passe bas. Par exemple, une fixation de type « suspension de voiture » joue le rôle d'un filtre passe bas. On pourra par exemple se référer à ce sujet au site internet :

[0028] http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/meca/suspension.html

[0029] Ce dispositif permet alors d'assurer que le laser ne subit pas de vibration haute fréquence. Cela permet de mesurer correctement les vibrations en haute fréquence dans la zone chaude proche du rouet.

[0030] Comme on le voit, l'organe de mesure 20 est donc positionné dans la zone froide 28 et agencé pour mesurer des vibrations dans la zone chaude 30. L'accéléromètre 26 permet de mesurer les vibrations auxquelles l'organe de mesure lui-même est susceptible d'être soumis et de vérifier le bon fonctionnement de la fixation amortissante.

[0031] Dans un autre mode de réalisation illustré à la [Fig.3], l'organe de mesure 20 se trouve hors de la turbomachine. Le dispositif 102 constitue cette fois un banc de test agencé pour recevoir une turbomachine 101 destinée à être testée et dépourvue en elle-même d'un tel organe de mesure. Il peut s'agir par exemple d'une machine à simple flux ou machine partielle (c'est-à-dire une partie d'une turbomachine) mais tout type de turbomachine peut être testé. L'organe 20 est fixé au dispositif de façon à émettre un rayon laser 32 depuis l'extérieur d'un carter externe 115 de la turbomachine, à distance de ce dernier, jusqu'à l'intérieur d'un volume du carter.

[0032] On pourra apporter à l'invention de nombreuses modifications sans sortir du cadre de celle-ci.

[0033] L'invention est également applicable aux turbomachines à simple corps et/ou à

simple flux. Elle est applicable aux turbopropulseurs, ainsi qu'aux turbomoteurs à compresseur axial.

Revendications

[Revendication 1] Dispositif (1 ; 102) comprenant :
- une turbomachine (1 ; 101) comprenant un carter externe (15), et
- un organe (20) de mesure de vibrations configuré pour émettre un rayon laser depuis l'extérieur du carter, à distance du carter, jusqu'à l'intérieur d'un volume du carter.

[Revendication 2] Dispositif selon la revendication précédente dans lequel la turbomachine (1) est à double flux,
le carter externe (15) étant un carter d'une partie centrale (13) délimitant une veine d'air primaire à l'intérieur de la partie centrale,
la turbomachine comprenant une nacelle (16) délimitant une veine d'air secondaire entre la nacelle et la partie centrale,
la nacelle comprenant l'organe de mesure (20).

[Revendication 3] Dispositif selon la revendication précédente dans lequel l'organe de mesure (20) est relié à la nacelle (16) par l'intermédiaire d'au moins un amortisseur de vibrations (22) formant un filtre passe-bas.

[Revendication 4] Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications 2 à 3 dans lequel la nacelle (16) comprend en outre un accéléromètre (26).

[Revendication 5] Dispositif selon les revendications 3 et 4 qui comprend un support (24) portant l'organe de mesure (20) et l'accéléromètre (26) et relié à la nacelle par l'intermédiaire de l'amortisseur.

[Revendication 6] Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes configuré de sorte que le rayon laser traverse une fenêtre d'une trappe de maintenance du carter (15).

[Revendication 7] Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes configuré de sorte que le rayon laser arrive dans une zone située au droit d'une jonction entre un compresseur (6) et une chambre de combustion (8) de la turbomachine.

[Revendication 8] Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel la turbomachine (1) comprend un compresseur centrifuge (6).

[Revendication 9] Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel la turbomachine (1) forme un turboréacteur à double corps.

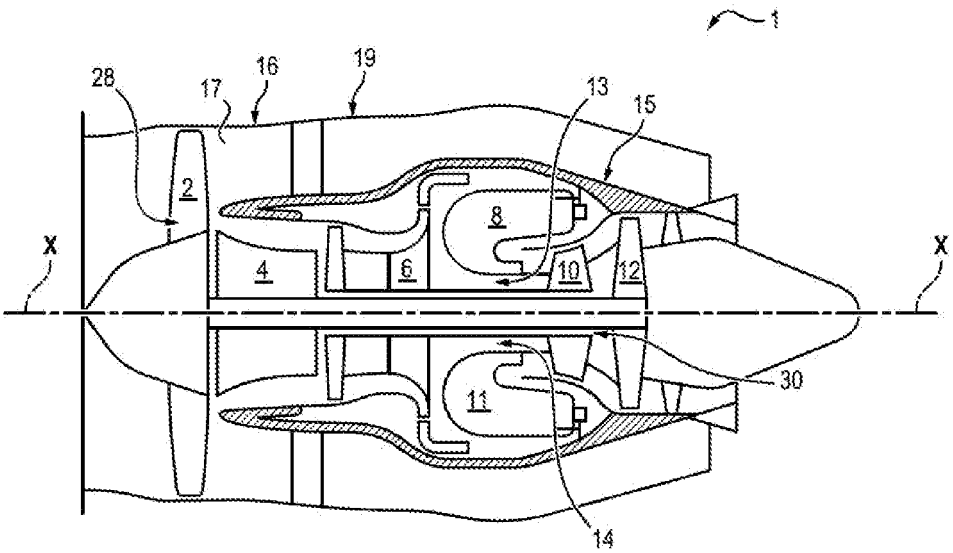
[Revendication 10] Dispositif (102) selon la revendication 1 dans lequel l'organe de mesure (20) se trouve hors de la turbomachine (101).

[Revendication 11] Procédé pour mesurer des vibrations dans une turbomachine (1 ; 102)

dans lequel on émet un rayon laser depuis l'extérieur d'un carter externe (15 ; 115) de la turbomachine, à distance du carter, jusqu'à l'intérieur d'un volume du carter.

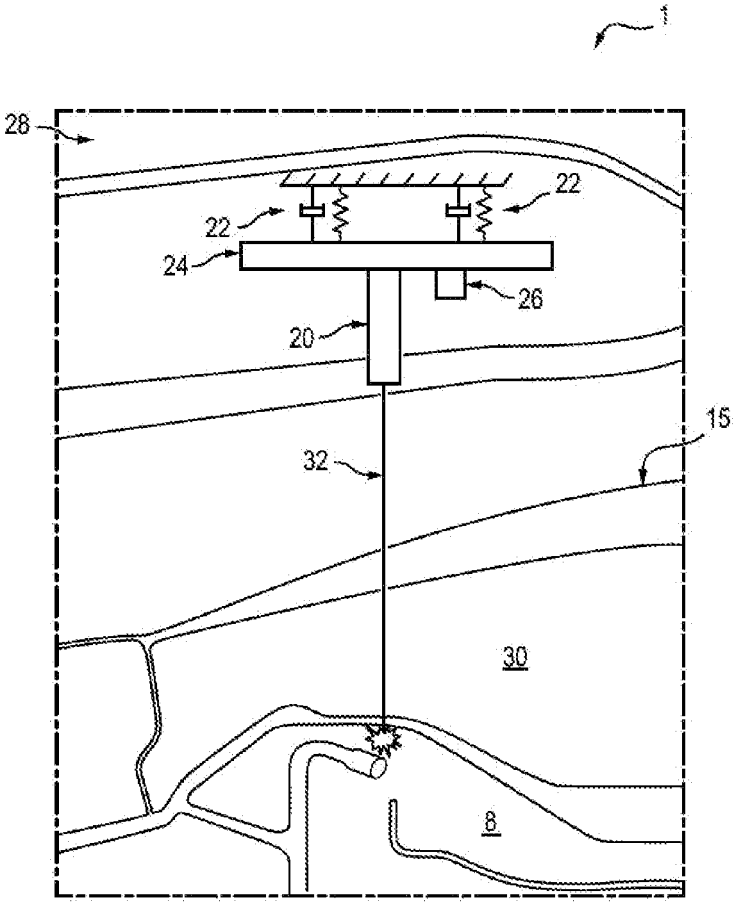
[Fig. 1]

FIG. 1



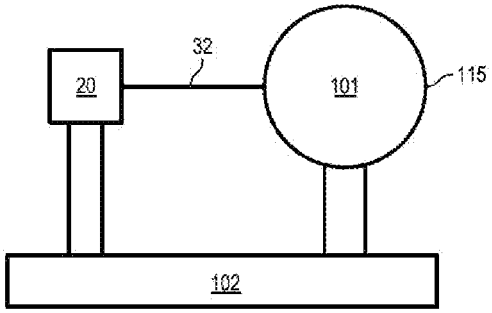
[Fig. 2]

FIG. 2



[Fig. 3]

FIG. 3



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement national

FA 898178
FR 2108110

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	EP 3 109 613 A1 (ROLLS-ROYCE DEUTSCHLAND LTD & CO KG [DE]) 28 décembre 2016 (2016-12-28) * alinéa [0065] - alinéa [0072] * * figures 3, 3A * -----	1-11	G01M15/12 G01M15/14 G01H9/00
X	FR 2 990 754 A1 (SNECMA [FR]) 22 novembre 2013 (2013-11-22) * page 6, ligne 9 - page 10, ligne 25 * * figures 1-9 * -----	1-11	
A	DE 196 01 225 C1 (SIEMENS AG [DE]) 19 juin 1997 (1997-06-19) * colonne 3, ligne 23 - ligne 45 * * figure 3 * -----	3	
A	EP 1 367 226 A1 (SNECMA MOTEURS [FR]; SNECMA SERVICES [FR]) 3 décembre 2003 (2003-12-03) * alinéa [0033] * * figure 1 * -----	4	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
G01M G01H G02B

1

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
18 mars 2022	Reto, Davide

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 2108110 FA 898178

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 18-03-2022
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
EP 3109613	A1	28-12-2016	AUCUN			
FR 2990754	A1	22-11-2013	FR	2990754	A1	22-11-2013
			GB	2504173	A	22-01-2014
			US	2014356132	A1	04-12-2014
DE 19601225	C1	19-06-1997	CN	1206449	A	27-01-1999
			DE	19601225	C1	19-06-1997
			EP	0874950	A2	04-11-1998
			ES	2146091	T3	16-07-2000
			JP	3792256	B2	05-07-2006
			JP	2000503769	A	28-03-2000
			KR	19990077093	A	25-10-1999
			RU	2166100	C2	27-04-2001
			WO	9726444	A2	24-07-1997
EP 1367226	A1	03-12-2003	CA	2430153	A1	28-11-2003
			DE	60307926	T2	20-09-2007
			EP	1367226	A1	03-12-2003
			ES	2269942	T3	01-04-2007
			FR	2840358	A1	05-12-2003
			JP	4111869	B2	02-07-2008
			JP	2004036615	A	05-02-2004
			RU	2320969	C2	27-03-2008
			UA	82462	C2	25-04-2008
			US	2004060347	A1	01-04-2004

EPO FORM P0465