

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/081983 A1

(43) Date de la publication internationale
22 juillet 2010 (22.07.2010)

PCT

(51) Classification internationale des brevets :
G01M 13/04 (2006.01) F01D 21/00 (2006.01)
G01M 15/14 (2006.01) G01H 1/00 (2006.01)
G01M 15/12 (2006.01)

JADCZAK, Edouard [FR/FR]; 265, rue Chapu, F-77350 Le Mee Sur Seine (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2010/050038

(74) Mandataires : BOURA, Olivier et al.; Cabinet BEAU DE LOMENIE, 158, rue de l'Université, F-75340 Paris Cedex 07 (FR).

(22) Date de dépôt international :
12 janvier 2010 (12.01.2010)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0950156 13 janvier 2009 (13.01.2009) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
SNECMA [FR/FR]; 2 boulevard du Général Martial Valin, F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
CARRATT, Bruno [FR/FR]; 95 avenue de la République, F-94300 Vincennes (FR). FLORES, David [FR/FR]; 7, rue Verdiers, F-91540 Mennecy (FR).

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD AND SYSTEM FOR MONITORING VIBRATORY PHENOMENA OCCURRING IN AN AIRCRAFT'S GAS TURBINE ENGINE IN OPERATION

(54) Titre : PROCÈDE ET SYSTEME DE SURVEILLANCE DE PHENOMENES VIBRATOIRES SURVENANT DANS UN MOTEUR A TURBINE A GAZ D'AERONEF EN FONCTIONNEMENT

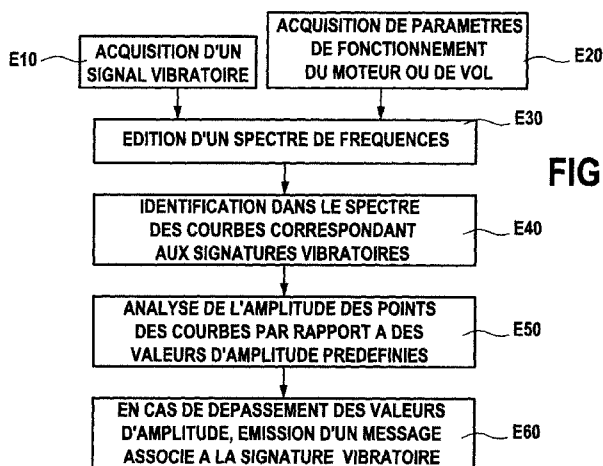


FIG.1

(57) Abstract : The invention relates to a method and a system for monitoring vibratory phenomena occurring in an aircraft's gas turbine engine in operation. The method consists in establishing (E30) a frequency spectrum of a vibratory signal representative of the state of operation of the engine and its components, in using a plurality of vibratory signals each corresponding to a vibratory phenomenon occurring during operation of the aircraft's engines of the same type as that to be monitored and having as origin a defect or abnormal operation of a component of the engines, in identifying (E40) in the spectrum the points on curves that satisfy mathematical functions each defining a vibratory signature, for each identified curve corresponding to an engine component defect, in analyzing (E50) the amplitude associated with the points on the curve relative to predefined amplitude values corresponding to a degree of severity of the defect and, when an amplitude value is exceeded or when an abnormal operation is detected, in transmitting (E60) a message associated with the vibratory signature.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

E10 ACQUISITION OF A VIBRATORY SIGNAL
E20 ACQUISITION OF ENGINE OPERATION OR FLIGHT PARAMETERS
E30 GENERATION OF A FREQUENCY SPECTRUM
E40 IDENTIFICATION OF THE CURVES CORRESPONDING TO THE VIBRATORY SIGNATURES IN THE SPECTRUM
E50 AMPLITUDE ANALYSIS OF THE POINTS OF THE CURVES RELATIVE TO PREDEFINED AMPLITUDE VALUES
E60 SHOULD AMPLITUDE VALUES BE EXCEEDED, TRANSMISSION OF A MESSAGE ASSOCIATED WITH THE VIBRATORY SIGNATURE

WO 2010/081983 A1



MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des
revendications, sera republiée si des modifications sont
reçues (règle 48.2.h)*

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

L'invention concerne un procédé et un système de surveillance de phénomènes vibratoires survenant dans un moteur à turbine à gaz d'aéronef en fonctionnement. Le procédé consiste à établir (E30) un spectre de fréquences d'un signal vibratoire représentatif de l'état de fonctionnement du moteur et de ses composants, utiliser une pluralité de signatures vibratoires correspondant chacune à un phénomène vibratoire survenant lors du fonctionnement des moteurs d'aéronefs du même type que celui à surveiller et ayant pour origine un défaut ou un fonctionnement anormal d'un composant des moteurs, identifier (E40) dans le spectre les points de courbes qui répondent à des fonctions mathématiques définissant chacune une signature vibratoire, pour chaque courbe identifiée correspondant à un défaut de composants du moteur, analyser (E50) l'amplitude associée aux points de la courbe par rapport à des valeurs d'amplitude prédéfinies correspondant à un degré de sévérité du défaut, et suite au dépassement d'une valeur d'amplitude ou à la détection d'un fonctionnement anormal, émettre (E60) un message associé à la signature vibratoire.

**Procédé et système de surveillance de phénomènes vibratoires
survenant dans un moteur à turbine à gaz d'aéronef en
fonctionnement**

5 Arrière-plan de l'invention

La présente invention se rapporte au domaine général de la surveillance de moteurs à turbine à gaz équipant les aéronefs, tels que par exemple les avions ou les hélicoptères. Elle concerne plus particulièrement un procédé et un système de surveillance de phénomènes vibratoires
10 survenant dans un moteur à turbine à gaz d'aéronef au cours du fonctionnement de celui-ci.

Il est connu de placer des capteurs de vibration du type accéléromètre dans un moteur d'aéronef pour détecter les vibrations émises par un ou plusieurs composants particuliers du moteur lors du
15 fonctionnement de ce dernier. Le signal vibratoire recueilli est analysé pour comparer son amplitude à des valeurs de seuil prédéfinies correspondant chacune à un fonctionnement avec défaut d'un composant particulier surveillé. Ainsi, en cas de défaut d'un composant surveillé du moteur, son fonctionnement entraîne l'apparition d'un phénomène
20 vibratoire particulier qui peut être détecté par analyse du signal vibratoire.

Le document EP 1,970,691 décrit un tel procédé appliqué à la surveillance de l'usure des roulements d'un palier inter-arbres d'une turbomachine aéronautique. Dans cette invention, le signal vibratoire recueilli est transformé en un spectre fréquentiel pour obtenir des raies
25 spectrales ordonnées selon des multiples de la fréquence théorique d'endommagement d'un roulement du palier (la fréquence théorique d'endommagement correspondant à un fonctionnement du roulement avec défaut). Les pics d'amplitude repérés autour des multiples de cette fréquence théorique sont alors comparés à des valeurs de seuil prédéfinies
30 pour déterminer si les roulements du palier sont endommagés.

Bien qu'efficace, ce type de procédé de surveillance de l'art antérieur présente cependant certaines limites quant à son application. Il est en effet très compliqué voire impossible de calculer la fréquence théorique de fonctionnement avec défauts de tous les composants d'un
35 moteur. Même si cela est possible pour certains composants, un tel calcul reste une simulation dont la fiabilité n'est pas toujours assurée. Il en

5 résulte que nombre de phénomènes vibratoires survenant dans le moteur au cours d'un vol de l'aéronef et ayant pour origine un défaut d'un composant du moteur ne sont pas détectés ou mal interprétés avec les conséquences que cela comporte en termes de dommages potentiels pour le moteur.

Par ailleurs, les procédés de surveillance de l'art antérieur ne permettent pas de détecter un fonctionnement anormal d'un composant du moteur, comme par exemple le glissement d'un roulement de palier dans ses pistes de roulement. Or, de tels fonctionnements anormaux qui ne sont pas forcément liés à des défauts structurels des composants du moteur peuvent engendrer des détériorations de ces derniers.

Objet et résumé de l'invention

La présente invention a donc pour but principal de pallier de tels inconvénients en proposant un procédé et un système permettant d'améliorer la surveillance d'un moteur à turbine à gaz d'aéronef.

Conformément à l'invention, ce but est atteint grâce à un procédé de surveillance consistant à :

a) acquérir, lors d'une période prédéfinie de fonctionnement du moteur, un signal vibratoire représentatif de l'état de fonctionnement du moteur et de ses composants ;

b) établir sur la période prédéfinie un spectre de fréquences du signal vibratoire ;

c) utiliser une pluralité de signatures vibratoires correspondant chacune à un phénomène vibratoire survenant lors du fonctionnement des moteurs d'aéronefs du même type que celui à surveiller et ayant pour origine un défaut ou un fonctionnement anormal d'au moins l'un des composants des moteurs, chaque signature vibratoire étant définie par une fonction mathématique particulière dont les coefficients sont prédéterminés en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur ;

d) identifier dans le spectre de fréquences les points de courbes qui répondent à des fonctions mathématiques définissant chacune une signature vibratoire afin de détecter la présence de défauts et de fonctionnements anormaux de composants du moteur ;

e) pour chaque courbe identifiée dans le spectre de fréquences et correspondant à une signature vibratoire ayant pour origine un défaut

de composants du moteur, analyser l'amplitude associée aux points de la courbe par rapport à des valeurs d'amplitude prédéfinies correspondant chacune à un degré de sévérité du défaut ; et

- 5 f) suite au dépassement d'une ou plusieurs valeurs d'amplitude ou suite à la détection d'un fonctionnement anormal d'un composant du moteur, émettre un message associé à la signature vibratoire pour laquelle la ou les valeurs d'amplitude ont été dépassées ou pour laquelle le fonctionnement anormal a été détecté.

10 Le recours à des fonctions mathématiques particulières pour définir les signatures vibratoires permet de couvrir l'ensemble des phénomènes vibratoires survenant dans le moteur et ayant pour origine un défaut ou un fonctionnement anormal d'un composant du moteur, que ces phénomènes soient organisés ou non, prédictibles par la théorie ou non. De la sorte, l'ensemble des défauts et des fonctionnements
15 anormaux des composants du moteur engendrant au cours d'un vol des phénomènes vibratoires particuliers peuvent être surveillés. Il en résulte une surveillance améliorée du moteur.

Selon une disposition avantageuse de l'invention, le procédé consiste en outre à générer un avis de maintenance du moteur lorsque
20 l'émission d'un même message se répète sur plusieurs vols, sur plusieurs phases de vol identiques ou sur plusieurs fonctionnements du moteur au même régime. Cette disposition permet de suivre dans le temps l'évolution d'un phénomène vibratoire particulier et de prévenir tout dommage du moteur en pronostiquant au préalable un avis de maintenance. Les
25 opérations de maintenance et la possibilité de réparer le composant incriminé à l'origine de la signature vibratoire particulière s'en trouvent grandement améliorées.

L'avis de maintenance comprend de préférence l'identification du ou des composants du moteur à l'origine du phénomène vibratoire
30 anormal pour lequel le message est émis.

Selon une autre disposition avantageuse de l'invention, les fonctions mathématiques définissant les signatures vibratoires sont stockées dans une base de données pouvant être mise à jour. L'utilisation d'une telle base de données permet si besoin de mettre à jour les
35 coefficients des fonctions mathématiques associées aux signatures vibratoires ou d'en ajouter de nouvelles. En particulier, cette opération de

mise à jour peut être réalisée directement après le vol en se connectant à la base de données. Ainsi, le procédé présente une grande souplesse d'utilisation et d'adaptation.

5 L'analyse de l'amplitude associée aux points d'une même courbe identifiée dans le spectre de fréquences peut consister en une comparaison de l'amplitude associée à chaque point de la courbe par rapport à au moins une valeur de seuil prédéfinie, ou une comparaison de la valeur moyenne des amplitudes associées aux points de la courbe par rapport à une valeur de seuil moyenne prédéfinie, ou en un calcul de
10 l'écart type entre les amplitudes associées aux points de la courbe et des valeurs de seuil prédéfinies.

Avantageusement, les coefficients des fonctions mathématiques particulières définissant les signatures vibratoires sont également prédéterminés en fonction de paramètres de vol de l'aéronef et/ou de la
15 géométrie des composants du moteur.

La période prédéfinie de fonctionnement du moteur au cours de laquelle est acquis le signal vibratoire peut correspondre à une phase de vol particulière, un vol complet ou un fonctionnement du moteur à un régime particulier.

20 Les défauts et les fonctionnements anormaux de composants du moteur à l'origine des phénomènes vibratoires peuvent appartenir à la liste suivante : flottement de la soufflante du moteur, défaut d'un palier supportant en rotation au moins un arbre rotatif du moteur, apparition d'un balourd d'huile sur l'un des rotors du moteur, dégradation mécanique
25 d'une dent d'engrenage, glissement d'un roulement de palier, crique ou usure d'un composant.

Corrélativement, l'invention a également pour objet un système de surveillance de phénomènes vibratoires survenant dans un moteur à turbine à gaz d'aéronef en fonctionnement, caractérisé en ce qu'il
30 comprend :

a) des moyens d'acquisition, lors d'une période prédéfinie de fonctionnement du moteur, d'un signal vibratoire représentatif de l'état de fonctionnement du moteur et de ses composants ;

b) des moyens d'établissement sur la période prédéfinie d'un
35 spectre de fréquences du signal vibratoire ;

c) une base de données comprenant une pluralité de signatures vibratoires correspondant chacune à un phénomène vibratoire survenant lors du fonctionnement des moteurs d'aéronef du même type que celui à surveiller et ayant pour origine un défaut ou un fonctionnement anormal d'au moins l'un des composants des moteurs, chaque signature vibratoire étant définie par une fonction mathématique particulière dont les coefficients sont prédéterminés en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur ;

d) des moyens d'identification dans le spectre de fréquences des points de courbes qui répondent à des fonctions mathématiques définissant chacune une signature vibratoire afin de détecter la présence de défauts et de fonctionnements anormaux de composants du moteur ;

e) des moyens d'analyse de l'amplitude associée aux points des courbes ainsi identifiées par rapport à des valeurs d'amplitude prédéfinies correspondant chacune à un degré de sévérité d'un défaut du ou des composants du moteur associés à la signature vibratoire ; et

f) des moyens d'émission d'un message associé à la signature vibratoire pour laquelle la ou les valeurs d'amplitude ont été dépassées ou pour laquelle le fonctionnement anormal a été détecté suite au dépassement d'une ou plusieurs valeurs d'amplitude ou suite à la détection d'un fonctionnement anormal d'un composant du moteur.

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- la figure 1 est un organigramme montrant les différentes étapes du procédé de surveillance selon l'invention ;

- la figure 2 représente un spectre de fréquences obtenu selon une étape du procédé de surveillance de l'invention ; et

- la figure 3 représente un autre spectre de fréquences obtenu selon une étape du procédé de surveillance de l'invention.

35 Description détaillée d'un mode de réalisation

Le procédé et le système de surveillance selon l'invention s'appliquent à tout type de moteur à turbine à gaz équipant les aéronefs, tels que par exemple les avions ou les hélicoptères. Dans le cas décrit ici, on s'intéressera plus particulièrement à un moteur à turbine à gaz d'avion
5 qui comprend deux rotors. Bien entendu, l'invention ne se limite pas à un moteur à deux rotors mais s'applique à tous moteurs à turbine à gaz d'aéronef comportant un ou plusieurs rotors.

Le procédé et le système de surveillance selon l'invention permettent d'identifier de façon automatique des phénomènes vibratoires particuliers survenant dans le moteur en fonctionnement et ayant pour
10 origine un défaut ou un fonctionnement anormal de l'un des composants du moteur (incluant ses équipements). Les défauts surveillés comprennent par exemple l'usure d'un roulement de palier, le flottement de la soufflante (dans le cas d'une turbomachine), etc. Quant à un
15 fonctionnement anormal d'un composant du moteur, il peut s'agir par exemple d'un glissement d'un roulement de palier dans ses pistes de roulement.

Le procédé et le système de surveillance reposent sur une analyse des signaux vibratoires provenant de capteurs de vibrations (de
20 type accéléromètres) qui sont typiquement installés sur un moteur. De façon connue en soi, de tels capteurs de vibration sont reliés pour le traitement du signal à un calculateur électronique (également appelé EMU pour « Engine Monitoring Unit ») pouvant être présent dans l'avion (par exemple dans la baie électronique) ou équipant directement le moteur.

En liaison avec la figure 1, le procédé de surveillance selon l'invention consiste d'abord à acquérir, lors d'une période de mesure T
25 prédéfinie de fonctionnement du moteur, un signal vibratoire S_v représentatif de l'état de fonctionnement du moteur et de ses composants (c'est-à-dire du niveau de vibrations des composants dudit moteur - étape E10) et des paramètres de fonctionnement du moteur ou des paramètres de vol (étape E20).
30

Dans l'exemple décrit ici, les paramètres acquis au cours de l'étape E20 sont les régimes de rotation N1, N2 des deux rotors du moteur. Toutefois, il pourrait s'agir d'autres paramètres de fonctionnement
35 du moteur (tels que la température de l'huile par exemple) ou bien de

paramètres de vol (tels que par exemple la vitesse et l'altitude de vol, la température extérieure à l'aéronef, etc.).

La période de mesure T pendant laquelle sont acquis le signal vibratoire S_v et les paramètres peut correspondre à une phase de vol particulière de l'avion (comme par exemple le décollage ou l'atterrissage),
5 ou à un vol complet de l'avion ou encore à un fonctionnement du moteur à un régime particulier (par exemple au régime plein gaz ou au régime de croisière). La surveillance peut donc s'effectuer en continue dès que le moteur fonctionne.

10 Comme indiqué précédemment, le signal vibratoire S_v provient d'un accéléromètre installé dans le moteur. Le signal est transmis au calculateur électronique et stocké dans une mémoire de celui-ci pour analyse soit au cours du vol de l'avion, soit après l'atterrissage de celui-ci.

Lorsque l'étape E20 consiste en l'acquisition des régimes de rotation N1, N2 des rotors du moteur, celle-ci s'effectue de façon
15 synchrone au signal vibratoire S_v et peut consister par exemple à convertir les signaux provenant de sondes tachymétriques montées sur les rotors du moteur (de telles sondes peuvent déjà être présentes sur le moteur). Ces signaux sont également transmis au calculateur électronique et
20 stockés dans une mémoire de celui-ci.

L'étape suivante (E30) consiste à établir sur la période T un spectre de fréquences (ou spectrogramme) du signal vibratoire S_v . De façon connue, le spectre de fréquences est généralement établi en fonction des régimes de rotation N1, N2 des rotors du moteur ou en
25 fonction du temps.

Par ailleurs, le spectre de fréquences est établi par application d'une transformée de Fourier et permet d'obtenir un diagramme à 3 dimensions (temps ou régime de rotation / fréquence / amplitude). La figure 2 illustre un exemple de spectre de fréquences obtenu pour un
30 moteur à turbine à gaz d'avion ayant deux rotors avec en abscisse la fréquence et en ordonnée le temps.

L'étape E30 d'établissement du spectre de fréquences est bien connue en soi par l'homme de l'art et n'est donc pas détaillée ici. Elle est réalisée au moyen d'un logiciel de calcul équipant le calculateur
35 électronique.

Le procédé de surveillance selon l'invention prévoit au cours d'une étape E40 d'identifier dans le spectre de fréquences les points appartenant à des courbes correspondant à des signatures vibratoires préalablement définies.

5 Ces signatures vibratoires correspondent chacune à un phénomène vibratoire particulier survenant lors du fonctionnement des moteurs du même type que celui à surveiller et ayant pour origine un défaut ou un fonctionnement anormal d'au moins l'un des composants du moteur.

10 Chaque signature vibratoire est par ailleurs définie par une fonction mathématique particulière F dont les coefficients sont préalablement déterminés notamment en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur (régimes de rotation des rotors, température de l'huile, etc.) et éventuellement en fonction de paramètres de vol de
15 l'aéronef (vitesse, altitude, température extérieure, etc.).

Les fonctions mathématiques F définissant les signatures vibratoires peuvent donc se présenter sous la forme de fonctions polynomiales, de fonctions exponentielles, de fonctions logarithmiques, etc. A titre d'exemple, une fonction mathématique particulière peut se
20 présenter sous la forme d'une combinaison polynomiale prédéterminée des régimes de rotation des rotors du moteur.

La méthode d'obtention des signatures vibratoires, et en particulier des coefficients des fonctions mathématiques F correspondantes, sera détaillée ultérieurement.

25 L'étape E40 est réalisée au moyen d'un logiciel de calcul équipant le calculateur électronique. A l'aide de méthodes de calcul bien connues de l'homme de l'art, elle consiste à identifier dans le spectre de fréquences différents points (ayant pour coordonnées la fréquence, le temps et/ou les régimes de rotation des rotors selon le modèle de spectre
30 de fréquences établi) appartenant à des courbes définies par les fonctions mathématiques particulières décrites ci-dessus et associées aux signatures vibratoires.

Dans l'exemple du spectre de fréquences illustré sur la figure 2, les points P1 appartiennent tous à une courbe dont la forme est définie
35 par une fonction mathématique particulière prédéterminée. Quant aux

points P2, ils appartiennent tous à une autre courbe dont la forme est définie par une autre fonction mathématique particulière prédéterminée.

5 Ainsi, cette étape E40 permet de détecter si au cours de la période de mesure T un ou plusieurs composants du moteur présentent un défaut ou fonctionnent de façon anormale (ou dégradée).

10 Bien entendu, la plage de fréquences du spectre dans laquelle l'identification des points appartenant à des courbes définies par les fonctions mathématiques particulières peut faire l'objet d'ajustements par un paramétrage. Un point dont les coordonnées s'écartent très faiblement en fréquence (c'est-à-dire d'une valeur prédéterminée) d'une courbe définie par une fonction mathématique particulière pourra ainsi être considérée comme appartenant à cette courbe.

15 Par ailleurs, il est possible d'associer à chaque courbe définie par une fonction mathématique particulière une plage de fréquences dans laquelle l'identification des points du spectre de fréquences appartenant à cette courbe doit s'effectuer.

20 Dans le cas de la détection dans le spectre de fréquences d'une courbe correspondant à une signature vibratoire ayant pour origine un défaut de composant du moteur, une étape suivante (E50) consiste à analyser l'amplitude associée aux points de ces courbes par rapport à des valeurs d'amplitude prédéfinies. Ces valeurs d'amplitude correspondent chacune à un degré de sévérité du défaut en question.

25 Cette étape d'analyse est également réalisée au moyen d'un logiciel de calcul équipant le calculateur électronique. Elle peut être mise en œuvre par différentes méthodes de calcul bien connues de l'homme de l'art : il peut s'agir d'une comparaison de l'amplitude associée à chaque point de la courbe par rapport à au moins une valeur de seuil prédéfinie, ou d'une comparaison de la valeur moyenne des amplitudes associées aux points de la courbe par rapport à une valeur de seuil moyenne prédéfinie, ou encore d'un calcul de l'écart type entre les amplitudes associées aux points de la courbe et des valeurs de seuil prédéfinies.

30 Suite au dépassement d'une ou plusieurs valeurs d'amplitude, un message est émis (étape E60), ce message étant associé à la signature vibratoire pour laquelle la ou les valeurs d'amplitude ont été dépassées.

35 Cette étape E60 prévoit également d'émettre un message suite à la détection lors de l'étape E40 d'un fonctionnement anormal d'un

composant du moteur, ce message étant aussi associé à la signature vibratoire pour laquelle le fonctionnement anormal a été détecté.

Lorsque le procédé de surveillance est mis en œuvre au cours d'un vol, ce message peut être stocké dans une mémoire du calculateur électronique pour analyse ultérieure ou bien transmis directement au sol
5 par des moyens de transmission connus en soi.

Par ailleurs, il est avantageux de stocker en mémoire les messages émis au cours d'un même vol pour éventuellement générer ultérieurement un avis de maintenance du moteur. Un tel avis de maintenance est notamment généré selon une règle de diagnostic propre
10 au moteur lorsque l'émission d'un même message se répète sur plusieurs vols, sur plusieurs phases de vol identiques ou sur plusieurs fonctionnements du moteur au même régime.

Ainsi, il est possible de suivre dans le temps l'évolution d'un phénomène vibratoire particulier et de prévenir tout dommage du ou des
15 composants du moteur à l'origine de ce phénomène vibratoire en pronostiquant au préalable un avis de maintenance. A cet effet, l'avis de maintenance comprend bien entendu l'identification du ou des composants du moteur à l'origine du phénomène vibratoire pour lequel le message est
20 émis. Ce suivi de la santé mécanique du ou des composants du moteur permet de pronostiquer un temps de fonctionnement restant avant de programmer une action de maintenance.

Exemple appliqué à l'identification d'un défaut d'un roulement de palier de turbomachine 25

En liaison avec la figure 3, on décrira maintenant un exemple de mise en œuvre du procédé selon l'invention appliqué à la surveillance d'un roulement de palier. Dans cet exemple, le moteur est une turbomachine aéronautique double corps double flux du type CFM56® et le palier surveillé est le palier amont du rotor haute-pression de la turbomachine.
30

Le spectre de fréquences illustré sur la figure 3 correspond au diagramme régime de rotation (en abscisse) / fréquences (en ordonnée) établi pour le signal vibratoire recueilli par un accéléromètre monté sur une partie fixe de la turbomachine. Les régimes de rotation N1, N2 sont
35 ceux du corps basse-pression et du corps haute-pression de la turbomachine, respectivement.

Le spectre de fréquences a été établi sur une période correspondant à un fonctionnement allant du ralenti au plein gaz du moteur.

5 Deux signatures vibratoires sont utilisées ici. L'une de ces signatures vibratoires correspond à un défaut d'un roulement du palier et l'autre signature vibratoire correspond à un fonctionnement anormal de ce même roulement de palier.

10 La signature vibratoire correspondant à un fonctionnement anormal d'un roulement du palier est définie par la combinaison polynomiale F suivante :

$$F = -0,0001N_2^2 + 3,3071N_2 - 22507$$

et elle est schématisée sur la figure 3 par la courbe C.

15 Quant à la signature vibratoire correspondant à un défaut du roulement du palier, elle est définie dans le cas d'un fonctionnement normal par la fonction linéaire F' suivante :

$$F' = 9,5N_2$$

20 Bien entendu, un défaut peut se cumuler à un fonctionnement anormal, par exemple un écaillage de roulement peut se cumuler à du glissement. L'initiation d'un tel écaillage peut être le fonctionnement anormal.

25 A l'aide d'un calcul numérique prenant en compte l'ensemble des points du spectre de fréquences (d'abscisses les régimes de rotation et d'ordonnées les fréquences), les points P3 du spectre sont identifiés comme appartenant (à une approximation près) à la courbe C correspondant à la signature vibratoire définie par la combinaison polynomiale F.

30 En effet, le résultat de la fonction mathématique représentée par la courbe C permet d'interroger le spectre dans une plage de fréquences prédéfinie afin de récupérer l'amplitude du signal de vibration et les informations associées.

La récupération et le stockage de l'ensemble de ces résultats sur l'ensemble de la plage de régime moteur ou de temps et de la plage fréquentielle sont suivis d'une étape de comparaison des amplitudes avec des valeurs de seuil prédéfinies.

35

Méthode d'obtention des signatures vibratoires

On décrira maintenant comment les signatures vibratoires sont obtenues, et plus particulièrement comment sont établis les différents coefficients des fonctions mathématiques particulières correspondant à ces signatures.

5 Les signatures vibratoires sont établies pour une même famille de moteurs d'aéronefs, c'est-à-dire pour des moteurs ayant les mêmes caractéristiques principales. Pour l'exemple de spectre de fréquences illustré sur la figure 3, la famille des turbomachines est celle des CFM56®.

10 Les signatures vibratoires sont également déterminées en fonction de la géométrie des composants des moteurs appartenant à cette famille. Par exemple, dans le cas de la surveillance d'un défaut d'un roulement de palier de turbomachine, la signature vibratoire associée à ce défaut dépend notamment de la géométrie du roulement, du nombre d'éléments roulants et de la vitesse de rotation des arbres supportés par ce palier.

15 Par ailleurs, à l'aide de la géométrie des composants, plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour déterminer les coefficients des fonctions mathématiques particulières correspondant à ces signatures vibratoires.

20 Lorsqu'elle est applicable, l'une de ces méthodes consiste à calculer les coefficients d'une fonction mathématique particulière par calcul théorique. Par exemple, dans le cas de la surveillance d'un défaut sur un roulement de palier inter-arbres à rouleau d'une turbomachine, il est connu que la combinaison polynomiale théorique correspondant à un
25 fonctionnement avec défaut d'un roulement de ce palier peut s'écrire de la façon suivante :

$$F = [D/(2d)] \times (N_2 - N_1) \times [1 - (d/D)^2]$$

où D est le diamètre nominal du roulement, d est diamètre d'un rouleau et N_1 et N_2 sont les vitesses de rotation respectives des arbres supportés par le palier.

30 Une autre méthode pouvant être utilisée pour calculer les variables d'une fonction mathématique particulière est le recours à l'expérience par le retour d'événements en service ou par des essais de développement. Il s'agit ici d'utiliser les données vibratoires recueillies par
35 les capteurs de vibrations du moteur lorsqu'un défaut d'un composant du moteur est identifié. En particulier, cette méthode nécessite généralement

dans un premier temps de partir d'un calcul théorique correspondant à un fonctionnement avec défaut ou un fonctionnement anormal d'un composant du moteur et d'affiner ce calcul à l'aide de retours d'expériences et éventuellement de combiner cette fonction mathématique avec un autre phénomène tel qu'un glissement de roulement par exemple.

5 Dans le cas d'une application à une turbomachine aéronautique, ces fonctions mathématiques particulières peuvent par exemple correspondre aux défauts et aux fonctionnements anormaux de la turbomachine suivants : flottement de la soufflante de la turbomachine, défaut d'un palier supportant en rotation au moins un arbre rotatif de la turbomachine, apparition d'un balourd d'huile sur l'un des rotors de la turbomachine, dégradation mécanique d'une dent d'engrenage, glissement d'un roulement de palier, crique ou usure d'un composant, etc.

10 Une fois l'ensemble des fonctions mathématiques identifiées, elles sont associées au défaut ou au fonctionnement anormal du composant de l'aéronef à l'origine du phénomène vibratoire particulier. Elles sont ensuite stockées sous forme d'une table de configuration dans une base de données d'une mémoire du calculateur électronique.

15 L'avantage d'avoir recours à une base de données est que celle-ci peut être mise à jour. Par mise à jour de la base de données dans laquelle sont stockées les fonctions mathématiques, on entend que de nouvelles fonctions mathématiques associées à de nouvelles signatures vibratoires peuvent être ajoutées à la table de configuration, ou que celle-ci peut être modifiée par ajustement des coefficients des fonctions mathématiques déjà présentes ou par ajustement des fonctions mathématiques elles-mêmes.

20 De la sorte, d'autres défauts et d'autres fonctionnements anormaux de composants du moteur survenant pendant le fonctionnement de celui-ci et ayant pour conséquence la génération d'un phénomène vibratoire particulier peuvent être identifiés ultérieurement et leurs signatures vibratoires correspondantes être ajoutées à la base de données. Cette possibilité permet d'enrichir la base de données en y ajoutant de nouvelles signatures vibratoires au fur et à mesure que l'on identifie de nouveaux défauts et de nouveaux fonctionnements anormaux.

30

35 La mise à jour de la base de données est par ailleurs simple puisqu'elle

peut être réalisée directement sur l'aéronef en se connectant au calculateur électronique.

- 5 Ainsi, le procédé selon l'invention présente une grande souplesse d'utilisation et d'adaptation. Il permet notamment de répondre à une crise en service avec une intervention directement sur l'aéronef dans retour en usine du calculateur électronique pour reconfiguration par exemple.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de surveillance de phénomènes vibratoires survenant dans un moteur à turbine à gaz d'aéronef en fonctionnement, caractérisé en ce qu'il consiste à :
- 5 a) acquérir (E10), lors d'une période prédéfinie de fonctionnement du moteur, un signal vibratoire représentatif de l'état de fonctionnement du moteur et de ses composants ;
- b) établir (E30) sur la période prédéfinie un spectre de fréquences du signal vibratoire ;
- 10 c) utiliser une pluralité de signatures vibratoires correspondant chacune à un phénomène vibratoire survenant lors du fonctionnement des moteurs d'aéronefs du même type que celui à surveiller et ayant pour origine un défaut ou un fonctionnement anormal d'au moins l'un des composants des moteurs, chaque signature vibratoire étant définie par une fonction mathématique particulière dont les coefficients sont prédéterminés en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur ;
- 15 d) identifier (E40) dans le spectre de fréquences les points de courbes qui répondent à des fonctions mathématiques définissant chacune une signature vibratoire afin de détecter la présence de défauts et de fonctionnements anormaux de composants du moteur ;
- 20 e) pour chaque courbe identifiée dans le spectre de fréquences et correspondant à une signature vibratoire ayant pour origine un défaut de composants du moteur, analyser (E50) l'amplitude associée aux points de la courbe par rapport à des valeurs d'amplitude prédéfinies correspondant chacune à un degré de sévérité du défaut ; et
- 25 f) suite au dépassement d'une ou plusieurs valeurs d'amplitude ou suite à la détection d'un fonctionnement anormal d'un composant du moteur, émettre (E60) un message associé à la signature vibratoire pour laquelle la ou les valeurs d'amplitude ont été dépassées ou pour laquelle le fonctionnement anormal a été détecté.
- 30
2. Procédé selon la revendication 1, consistant en outre à générer un avis de maintenance du moteur lorsque l'émission d'un même message se répète sur plusieurs vols, sur plusieurs phases de vol identiques ou sur plusieurs fonctionnements du moteur au même régime.
- 35

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel l'avis de maintenance comprend l'identification du ou des composants du moteur à l'origine du phénomène vibratoire pour lequel le message est émis.

5

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les fonctions mathématiques définissant les signatures vibratoires sont stockées dans une base de données pouvant être mise à jour.

10

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel l'analyse de l'amplitude associée aux points d'une même courbe identifiée dans le spectre de fréquences consiste en une comparaison de l'amplitude associée à chaque point de la courbe par rapport à au moins une valeur de seuil prédéfinie, ou une comparaison de la valeur moyenne des amplitudes associées aux points de la courbe par rapport à une valeur de seuil moyenne prédéfinie, ou en un calcul de l'écart type entre les amplitudes associées aux points de la courbe et des valeurs de seuil prédéfinies.

15

20

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les coefficients des fonctions mathématiques particulières définissant les signatures vibratoires sont également prédéterminés en fonction de paramètres de vol de l'aéronef et/ou de la géométrie des composants du moteur.

25

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la période prédéfinie de fonctionnement du moteur au cours de laquelle est acquis le signal vibratoire correspond à une phase de vol particulière, un vol complet ou un fonctionnement du moteur à un régime particulier.

30

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel les défauts et les fonctionnements anormaux de composants du moteur à l'origine des phénomènes vibratoires appartiennent à la liste suivante : flottement de la soufflante du moteur, défaut d'un palier

35

supportant en rotation au moins un arbre rotatif du moteur, apparition d'un balourd d'huile sur l'un des rotors du moteur, dégradation mécanique d'une dent d'engrenage, glissement d'un roulement de palier, crique ou usure d'un composant.

5

9. Système de surveillance de phénomènes vibratoires survenant dans un moteur à turbine à gaz d'aéronef en fonctionnement, caractérisé en ce qu'il comprend :

10 a) des moyens d'acquisition, lors d'une période prédéfinie de fonctionnement du moteur, d'un signal vibratoire représentatif de l'état de fonctionnement du moteur et de ses composants ;

b) des moyens d'établissement sur la période prédéfinie d'un spectre de fréquences du signal vibratoire ;

15 c) une base de données comprenant une pluralité de signatures vibratoires correspondant chacune à un phénomène vibratoire survenant lors du fonctionnement des moteurs d'aéronef du même type que celui à surveiller et ayant pour origine un défaut ou un fonctionnement anormal d'au moins l'un des composants des moteurs, chaque signature vibratoire étant définie par une fonction mathématique particulière dont les
20 coefficients sont prédéterminés en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur ;

d) des moyens d'identification dans le spectre de fréquences des points de courbes qui répondent à des fonctions mathématiques définissant chacune une signature vibratoire afin de détecter la présence
25 de défauts et de fonctionnements anormaux de composants du moteur ;

e) des moyens d'analyse de l'amplitude associée aux points des courbes ainsi identifiées par rapport à des valeurs d'amplitude prédéfinies correspondant chacune à un degré de sévérité d'un défaut du ou des composants du moteur associés à la signature vibratoire ; et

30 f) des moyens d'émission d'un message associé à la signature vibratoire pour laquelle la ou les valeurs d'amplitude ont été dépassées ou pour laquelle le fonctionnement anormal a été détecté suite au dépassement d'une ou plusieurs valeurs d'amplitude ou suite à la détection d'un fonctionnement anormal d'un composant du moteur.

35

10. Système selon la revendication 9, dans lequel la base de données dans laquelle sont stockées les fonctions mathématiques définissant les signatures vibratoires est enregistrée dans une mémoire d'un calculateur électronique du moteur ou de l'aéronef et peut être mise
5 à jour.

1/2

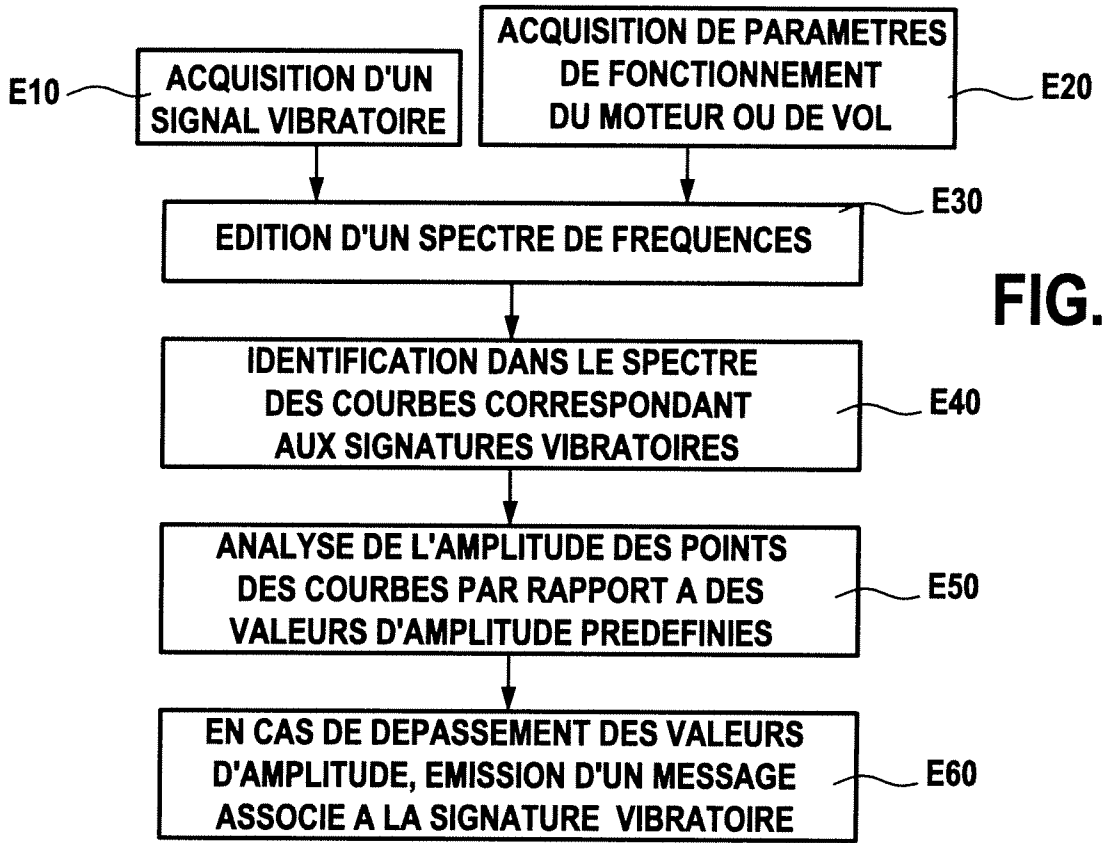


FIG.1

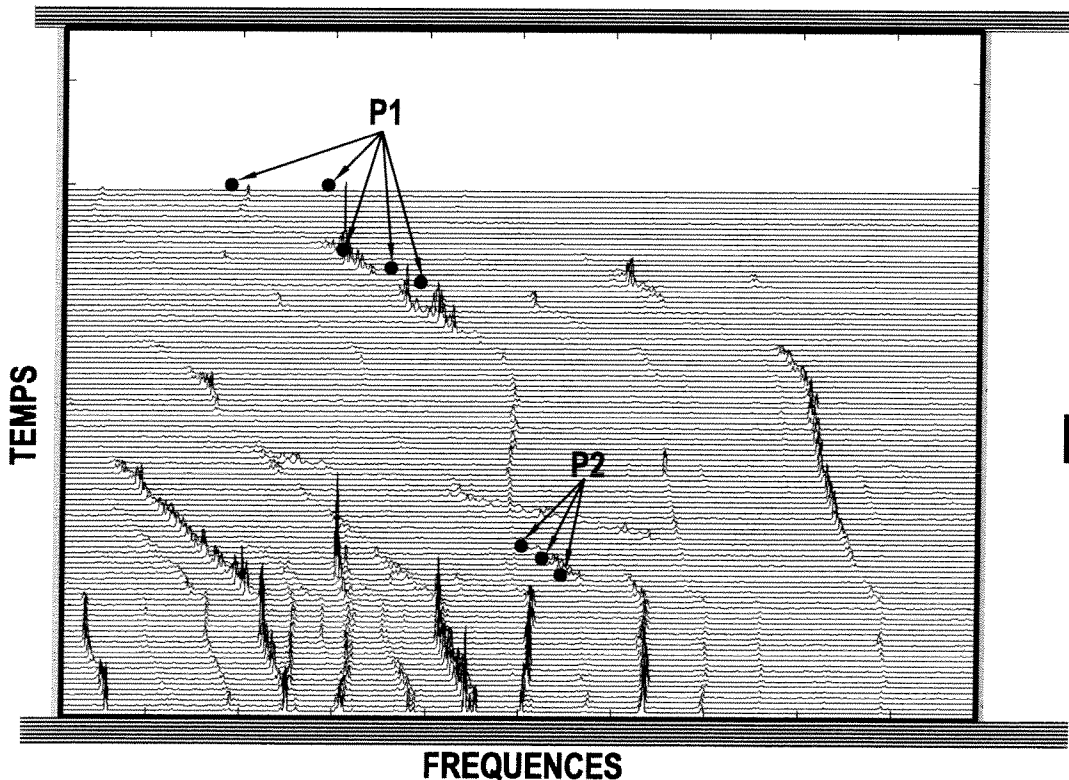


FIG.2

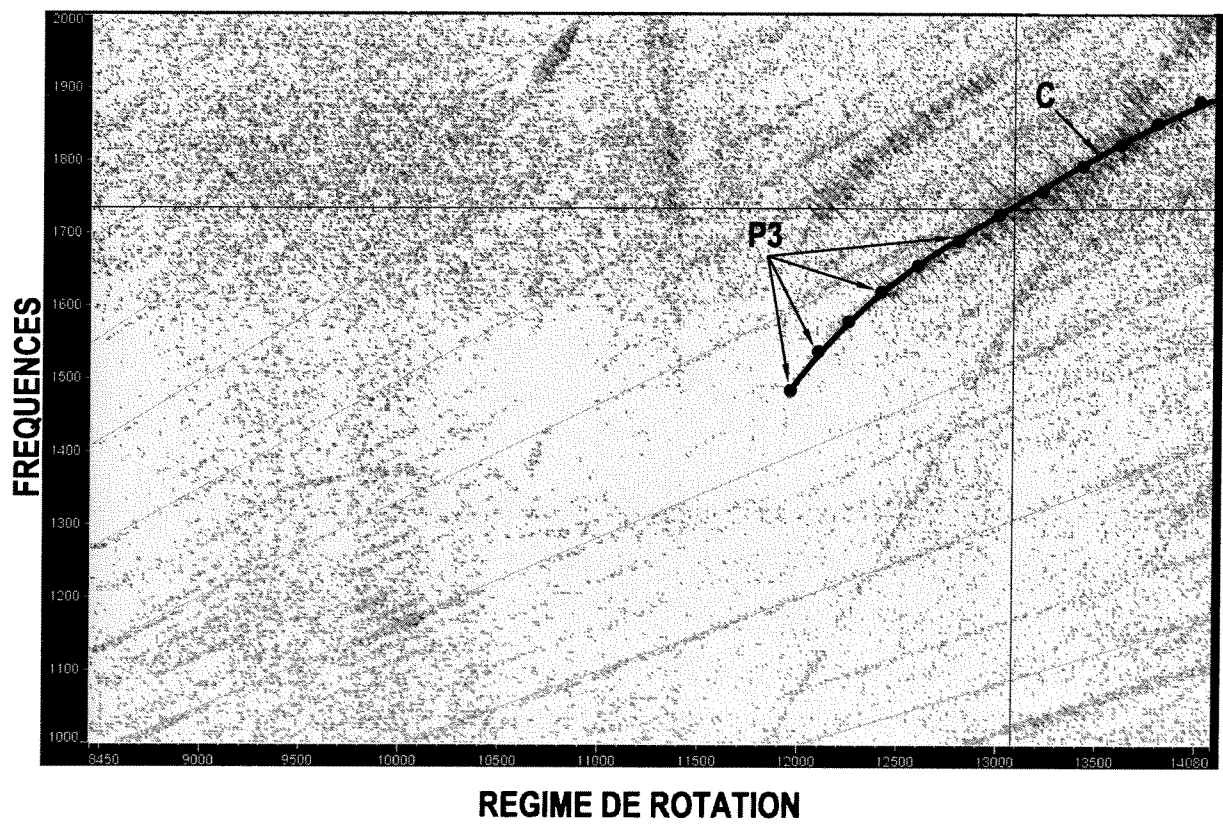


FIG.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2010/050038

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01M13/04 G01M15/14 G01M15/12 F01D21/00 G01H1/00 ADD.				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
B. FIELDS SEARCHED				
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01M F01D				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
A	EP 1 970 691 A (SNECMA [FR]) 17 September 2008 (2008-09-17) cited in the application abstract figures 1,2 paragraphs [0006], [0007] paragraphs [0014] - [0022]	1-10		
A	US 2007/250245 A1 (VAN DER MERWE GERT J [US] ET AL) 25 October 2007 (2007-10-25) abstract figure 4 paragraphs [0007] - [0009]	1-10		
-/--				
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.				
* Special categories of cited documents :				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family </td> </tr> </table>			"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report			
13 April 2010	07/05/2010			
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Nelva-Pasqual, F			

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2010/050038

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 019 310 A (MAINO BRUNO [IT] ET AL) 1 February 2000 (2000-02-01) abstract figure 3 column 1, lines 25-45 -----	1-10
A	US 6 116 089 A (EL-IBIARY YEHIA M [US] ET AL) 12 September 2000 (2000-09-12) abstract figure 5 column 2, lines 46-63 -----	1-10
A	US 2004/060347 A1 (COMPERAT PATRICK [FR] ET AL) 1 April 2004 (2004-04-01) abstract figure 1 paragraphs [0006] - [0019] -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2010/050038

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 1970691	A	17-09-2008	CA 2623617 A1	12-09-2008
			CN 101266197 A	17-09-2008
			FR 2913769 A1	19-09-2008
			JP 2008249699 A	16-10-2008
			US 2008223135 A1	18-09-2008
			ZA 200801958 A	26-08-2009
US 2007250245	A1	25-10-2007	DE 102007018374 A1	25-10-2007
			GB 2437391 A	24-10-2007
			JP 2007292069 A	08-11-2007
US 6019310	A	01-02-2000	DE 69811433 D1	27-03-2003
			DE 69811433 T2	14-08-2003
			EP 0889315 A2	07-01-1999
			IT T0970593 A1	04-01-1999
			JP 4294758 B2	15-07-2009
			JP 11124096 A	11-05-1999
US 6116089	A	12-09-2000	NONE	
US 2004060347	A1	01-04-2004	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

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2010/050038

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. G01M13/04 G01M15/14 G01M15/12 F01D21/00 G01H1/00
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

G01M F01D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 1 970 691 A (SNECMA [FR]) 17 septembre 2008 (2008-09-17) cité dans la demande abrégé figures 1,2 alinéas [0006], [0007] alinéas [0014] - [0022]	1-10
A	US 2007/250245 A1 (VAN DER MERWE GERT J [US] ET AL) 25 octobre 2007 (2007-10-25) abrégé figure 4 alinéas [0007] - [0009]	1-10
	----- -/--	

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

13 avril 2010

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

07/05/2010

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Nelva-Pasqual, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2010/050038

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 6 019 310 A (MAINO BRUNO [IT] ET AL) 1 février 2000 (2000-02-01) abrégé figure 3 colonne 1, ligne 25-45 -----	1-10
A	US 6 116 089 A (EL-IBIARY YEHIA M [US] ET AL) 12 septembre 2000 (2000-09-12) abrégé figure 5 colonne 2, ligne 46-63 -----	1-10
A	US 2004/060347 A1 (COMPERAT PATRICK [FR] ET AL) 1 avril 2004 (2004-04-01) abrégé figure 1 alinéas [0006] - [0019] -----	1-10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2010/050038

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1970691	A	17-09-2008	CA 2623617 A1	12-09-2008
			CN 101266197 A	17-09-2008
			FR 2913769 A1	19-09-2008
			JP 2008249699 A	16-10-2008
			US 2008223135 A1	18-09-2008
			ZA 200801958 A	26-08-2009
US 2007250245	A1	25-10-2007	DE 102007018374 A1	25-10-2007
			GB 2437391 A	24-10-2007
			JP 2007292069 A	08-11-2007
US 6019310	A	01-02-2000	DE 69811433 D1	27-03-2003
			DE 69811433 T2	14-08-2003
			EP 0889315 A2	07-01-1999
			IT T0970593 A1	04-01-1999
			JP 4294758 B2	15-07-2009
			JP 11124096 A	11-05-1999
US 6116089	A	12-09-2000	AUCUN	
US 2004060347	A1	01-04-2004	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