



(51) Classification internationale des brevets :
G01H 1/00 (2006.01)

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

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2010/052467

(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 :
22 novembre 2010 (22.11.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0958527 30 novembre 2009 (30.11.2009) 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) : **GEREZ,
Valerio** [FR/FR]; 41, rue de la Gare, F-91330 Yerres
(FR). **GRIFFATON, Julien, Christian, Pascal** [FR/FR];
284, boulevard Voltaire, F-75011 Paris (FR).

(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.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR MONITORING TORSIONAL VIBRATIONS OF A ROTARY SHAFT OF A TURBINE ENGINE

(54) Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIF DE SURVEILLANCE DE VIBRATIONS EN TORSION D'UN ARBRE ROTATIF D'UNE TURBOMACHINE

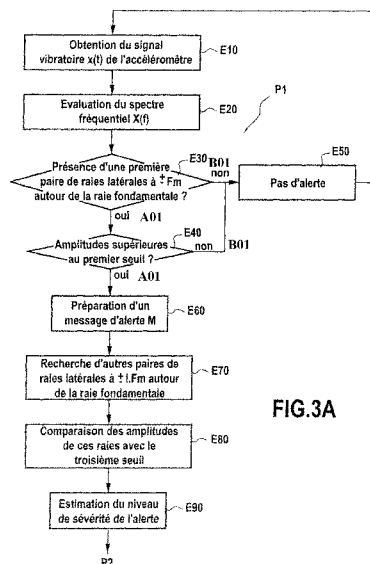


FIG.3A

(57) Abstract : The invention relates to a monitoring method which includes: a step (E10) of obtaining an acceleration vibration signal from a sensor located on a stationary component of the turbine engine, said vibration signal being characterised by a carrier frequency; a step (E20) of assessing a frequency spectrum of said vibration signal; a step (E30) of searching for a pair of spectral lines with amplitudes greater than at least one first threshold, distributed in the spectrum around the carrier frequency of the vibration signal and separated from the latter by a torsional frequency of the shaft; and, where appropriate, a step of emitting a warning message.

(57) Abrégé : Le procédé de surveillance selon l'invention comprend : une étape d'obtention (E10) d'un signal vibratoire d'accélération issu d'un capteur localisé sur un composant fixe de la turbomachine, ce signal vibratoire étant caractérisé par une fréquence porteuse; une étape d'évaluation (E20) d'un spectre fréquentiel de ce signal vibratoire; une étape de recherche (E30) d'une paire de raies spectrales d'amplitudes supérieures à au moins un premier seuil, réparties dans le spectre autour de la fréquence porteuse du signal vibratoire et espacées de celle-ci d'une fréquence de torsion de l'arbre; et le cas échéant, une étape d'émission d'un message d'alerte.

E10 Obtaining the vibration signal $x(t)$ from the accelerometer
E20 Assessing the frequency spectrum $X(f)$
E30 Presence of a first pair of lateral lines at $\pm F_m$ around the fundamental line
E40 Amplitudes greater than the first threshold
E50 No warning
E60 Preparing a warning message M
E70 Searching for other pairs of lateral lines at $\pm i.F_m$ around the fundamental line
E80 Comparing the amplitudes of said lines with the third threshold
E90 Estimating the level of severity of the warning
A01 Yes
B01 No



TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, **Publiée :**

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,

LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,

GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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

Procédé et dispositif de surveillance de vibrations en torsion d'un arbre rotatif d'une turbomachine

Arrière-plan de l'invention

5 La présente invention se rapporte au domaine général des turbomachines.

Elle concerne plus particulièrement la surveillance de turbomachines aéronautiques équipées d'arbre(s) rotatif(s), telles que par exemple un turboréacteur ou un turbopropulseur.

10 De façon connue, un arbre rotatif d'un turboréacteur, tel que par exemple un rotor basse-pression, est soumis à un effort statique de torsion.

En outre, des excitations spécifiques peuvent engendrer en dynamique des vibrations au niveau de l'arbre rotatif, à une fréquence particulière aussi appelée fréquence de torsion de l'arbre. Cette fréquence
15 particulière caractérise le premier mode de torsion de l'arbre. A titre d'exemple, pour un rotor basse-pression d'un turboréacteur, cette fréquence est basse par rapport à la fréquence de rotation du rotor.

Ainsi, il peut arriver que l'injection pulsée de carburant dans le
20 turboréacteur entre en résonance avec ce premier mode de torsion de l'arbre du turboréacteur. En fonction de l'amplitude de cette résonance, il s'ensuit un bruit en cabine, voire un risque de cassure de l'arbre en fatigue vibratoire.

Il est donc nécessaire de surveiller les vibrations en torsion des
25 arbres rotatifs du turboréacteur, afin de prévenir de tels inconvénients.

Objet et résumé de l'invention

Un but de l'invention est donc de proposer un procédé fiable de surveillance des vibrations en torsion d'un arbre rotatif d'une
30 turbomachine, utilisant des signaux issus de capteurs déjà présents dans la turbomachine.

Ce but est atteint grâce à un procédé de surveillance de vibrations en torsion d'un arbre rotatif d'une turbomachine, comprenant :
– une étape d'obtention d'un signal vibratoire d'accélération issu d'un
35 capteur localisé sur un composant fixe de la turbomachine, ce signal vibratoire étant caractérisé par une fréquence porteuse ;

- une étape d'évaluation d'un spectre fréquentiel de ce signal vibratoire ;
- une étape de recherche d'une paire de raies spectrales d'amplitudes supérieures à au moins un premier seuil, réparties dans le spectre autour de la fréquence porteuse du signal vibratoire et espacées de celle-ci d'une fréquence de torsion de l'arbre ; et
- le cas échéant, une étape d'émission d'un message d'alerte.

Corrélativement, l'invention vise également un dispositif de surveillance de vibrations en torsion d'un arbre rotatif d'une turbomachine, comprenant :

- des moyens d'obtention d'un signal vibratoire d'accélération issu d'un capteur localisé sur un composant fixe de la turbomachine, ce signal vibratoire étant caractérisé par une fréquence porteuse ;
- des moyens d'évaluation d'un spectre fréquentiel de ce signal vibratoire ;
- des moyens de recherche d'une paire de raies spectrales d'amplitudes supérieures à au moins un premier seuil, réparties dans le spectre autour de la fréquence porteuse du signal vibratoire et espacées de celle-ci d'une fréquence de torsion de l'arbre ; et
- des moyens d'émission d'un message d'alerte, activés le cas échéant.

L'invention s'applique notamment, de façon privilégiée mais non limitative, à la surveillance de vibrations en torsion basse fréquence d'un arbre rotatif de turbomachine. On entend ici par basse fréquence, une fréquence largement inférieure à la fréquence de rotation de l'arbre rotatif surveillé, telle que par exemple une fréquence de torsion égale à 30% de la fréquence de rotation de l'arbre.

L'invention permet avantageusement d'utiliser des signaux issus de capteurs déjà présents dans la turbomachine, à savoir des capteurs vibratoires tels que des accéléromètres, des jauges, des microphones, etc., pour surveiller les vibrations en torsion auxquelles sont sujets les arbres en rotation de cette turbomachine. Un traitement approprié de ces signaux permet d'émettre un message d'alerte en cas de vibrations d'amplitudes trop importantes et le cas échéant, de proposer une maintenance adaptée afin de limiter le bruit en cabine, voire de prévenir une rupture de l'arbre rotatif.

Les inventeurs ont en effet astucieusement constaté, qu'en présence de balourd sur l'arbre rotatif, l'observation et l'analyse de

signaux vibratoires d'accélération issus de capteurs localisés sur des composants fixes de la turbomachine, permettent, de façon simple et fiable, d'identifier la présence de vibrations en torsion d'amplitudes prédéfinies. Or, en pratique, quand bien même des efforts sont réalisés
5 pour supprimer le balourd affectant l'arbre rotatif, ces efforts ne permettent pas de s'affranchir complètement de celui-ci. Autrement dit, les arbres rotatifs ne sont jamais parfaitement équilibrés, et la surveillance selon l'invention est toujours possible.

Le procédé de surveillance selon l'invention présente l'avantage
10 de pouvoir être mis en œuvre en temps réel ou légèrement différé, par exemple dans un dispositif de surveillance embarqué à bord de l'aéronef équipé de la turbomachine. Ce dispositif de surveillance peut notamment être intégré à la turbomachine, et plus précisément au dispositif de surveillance de la turbomachine, aussi connu sous le nom d'EMU (Engine
15 Monitoring Unit).

En variante, le dispositif de surveillance peut être placé au banc et sous l'aile de l'aéronef, dans des outillages spécifiquement dédiés à la surveillance de la turbomachine.

Dans une autre variante encore, le procédé de surveillance peut
20 être implémenté dans un dispositif au sol dédié à la surveillance de la turbomachine.

On notera que le procédé selon l'invention peut aisément être combiné à d'autres procédés de détection afin d'augmenter la fiabilité de la détection, et ainsi d'améliorer le diagnostic de maintenance délivré à
25 l'utilisateur final de la turbomachine.

La principale source de balourd dans une turbomachine est la soufflante. Toutefois il est courant que la turbine elle-même de la turbomachine introduise également un balourd. Dans ce cas, on se trouve en présence de balourds combinés, oscillant en opposition de phase.

30 Dans un mode particulier de réalisation, l'invention s'appuie avantageusement sur cette constatation pour associer au message d'alerte un niveau de confiance. A cette fin, le procédé de surveillance comprend en outre :

- une étape d'évaluation d'un signal d'enveloppe du signal vibratoire ;
- 35 – une étape d'évaluation d'un spectre fréquentiel de ce signal d'enveloppe ;

- une étape de recherche d'au moins une raie spectrale dans le spectre du signal d'enveloppe d'amplitude supérieure à un deuxième seuil, à un multiple de la fréquence de torsion de l'arbre ; et
- une étape d'estimation d'un niveau de confiance associé au message d'alerte, en fonction du résultat de l'étape de recherche.

Corrélativement, dans ce mode de réalisation, le dispositif de surveillance peut comprendre en outre :

- des moyens d'évaluation d'un signal d'enveloppe du signal vibratoire ;
- des moyens d'évaluation d'un spectre fréquentiel de ce signal d'enveloppe ;
- des moyens de recherche d'au moins une raie spectrale dans le spectre du signal d'enveloppe d'amplitude supérieure à un deuxième seuil, à un multiple de la fréquence de torsion de l'arbre ; et
- des moyens d'estimation, en fonction du résultat de cette recherche, d'un niveau de confiance associé au message d'alerte.

Le signal d'enveloppe est obtenu par exemple à partir du signal résultant de l'application d'une transformée de Hilbert sur le signal vibratoire.

Ainsi, préférentiellement, dans ce mode particulier de réalisation, on attribuera un niveau de confiance plus élevé au message d'alerte lorsqu'une raie d'amplitude supérieure au deuxième seuil aura été identifiée dans le spectre du signal d'enveloppe à un multiple de la fréquence de torsion de l'arbre. La détection de telles raies permet donc de confirmer l'alerte émise concernant les vibrations en torsion de l'arbre rotatif.

On notera toutefois que l'absence de raies dans le spectre d'enveloppe n'invalide pas pour autant l'alerte émise en cas de dépassement du premier seuil par les raies spectrales du spectre du signal vibratoire.

Dans un mode particulier de réalisation, le procédé de surveillance comprend en outre :

- une étape de recherche d'au moins une autre paire de raies spectrales réparties dans le spectre du signal vibratoire autour de la fréquence porteuse, et espacées de celle-ci d'un multiple de la fréquence de torsion de l'arbre ; et

- une étape d'estimation d'un niveau de sévérité associé au message d'alerte, ce niveau de sévérité dépendant du nombre de paires de raies trouvées à l'étape de recherche précédente, et dont les amplitudes dépassent au moins un troisième seuil.

5 Corrélativement, dans ce mode de réalisation, le dispositif de surveillance peut comprendre en outre :

- des moyens de recherche d'au moins une autre paire de raies spectrales réparties dans le spectre du signal vibratoire autour de la fréquence porteuse, et espacées de celle-ci d'un multiple de la fréquence de

10 torsion de l'arbre ; et

- des moyens d'estimation d'un niveau de sévérité associé au message d'alerte, ce niveau de sévérité dépendant du nombre de paires trouvées par les moyens de recherche, et dont les amplitudes dépassent au moins un troisième seuil.

15 Selon un autre aspect, l'invention vise également une turbomachine comprenant :

- un dispositif de surveillance conforme à l'invention ; et
- un capteur vibratoire localisé sur un composant fixe de la turbomachine et adapté à fournir au dispositif de surveillance un signal vibratoire

20 d'accélération.

 Une telle turbomachine est par exemple un turboréacteur.

 Dans un mode particulier de réalisation, les différentes étapes du procédé de surveillance sont déterminées par des instructions de programmes d'ordinateurs.

25 En conséquence, l'invention vise aussi un programme d'ordinateur sur un support d'informations, ce programme étant susceptible d'être mis en œuvre dans un dispositif de surveillance ou plus généralement dans un ordinateur, ce programme comportant des instructions adaptées à la mise en œuvre des étapes d'un procédé de

30 surveillance tel que décrit ci-dessus.

 Ce programme peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme

35 souhaitable.

L'invention vise aussi un support d'informations lisible par un ordinateur, et comportant des instructions d'un programme d'ordinateur tel que mentionné ci-dessus.

5 Le support d'informations peut être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une ROM, par exemple un CD ROM ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple une disquette (floppy disc) ou un disque dur.

10 D'autre part, le support d'informations peut être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens. Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau de type Internet.

15 Alternativement, le support d'informations peut être un circuit intégré dans lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé en question.

20 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 :

- 25 – la figure 1 représente schématiquement un dispositif de surveillance conforme à l'invention, dans un mode particulier de réalisation ;
- la figure 2 représente schématiquement une modélisation, telle que proposée dans l'invention, d'un balourd dans le plan de la soufflante et d'un balourd dans le plan de la turbine affectant un arbre rotatif d'un
- 30 turboréacteur ;
- les figures 3A et 3B représentent, sous forme d'organigrammes, les principales étapes d'un procédé de surveillance conforme à l'invention, lorsque celui-ci est mis en œuvre par le dispositif de surveillance de la figure 1, dans un mode particulier de réalisation ;
- 35 – les figures 4A-4C illustrent des exemples de signaux vibratoires $x(t)$;

- les figures 5A-5C illustrent respectivement les spectres fréquentiels des signaux vibratoires représentés sur les figures 4A-4C ;
- la figure 6 illustre le spectre d'enveloppe du signal vibratoire représenté sur la figure 4C.

5

Description détaillée d'un mode de réalisation

L'invention envisage la surveillance d'une turbomachine et plus précisément des vibrations en torsion auxquelles est soumis un arbre rotatif de cette turbomachine, lors de son fonctionnement.

10

Le principe sur lequel se base avantageusement l'invention est qu'une vibration en torsion d'un arbre rotatif d'une turbomachine autour de son régime de fonctionnement génère, en présence de balourd(s) sur le rotor qui lui est associé, une modulation de fréquence et éventuellement d'amplitude sur les signaux vibratoires délivrés par des

15

capteurs vibratoires placés sur des éléments fixes de la turbomachine. Ainsi, l'invention utilise le fait qu'en observant et en analysant ces signaux vibratoires, il est possible d'identifier une vibration en torsion d'amplitude trop importante.

Comme mentionné précédemment, en pratique, il est impossible de parfaitement équilibrer les arbres rotatifs d'une turbomachine, de sorte que ces arbres sont toujours affectés par un balourd. Il n'existe donc pas d'obstacle à proprement parler à la mise en œuvre de l'invention.

20

Dans une turbomachine, la principale source de balourd est la soufflante. Toutefois, il est courant que la turbine introduise également un balourd, oscillant en opposition de phase avec le balourd se trouvant dans le plan de la soufflante. L'invention s'applique avantageusement dans ces deux cas de figure.

25

On se réfère maintenant à la figure 1 qui représente, dans son environnement, un dispositif de surveillance 1 conforme à l'invention, dans un mode particulier de réalisation.

30

Dans ce mode particulier de réalisation, on envisage la surveillance d'un arbre rotatif basse pression ABP (figure 2) d'un turboréacteur TR, conforme à l'invention, équipant un aéronef (non représenté). Toutefois, ces hypothèses ne sont pas limitatives, et l'invention s'applique également à d'autres turbomachines, telles que par exemple à un turbopropulseur.

35

Dans le mode de réalisation décrit ici, le dispositif de surveillance 1 est embarqué à bord de l'aéronef et est intégré au dispositif 2 de surveillance de l'aéronef ou EMU.

En variante, le dispositif de surveillance selon l'invention peut
5 être placé au banc et sous l'aile de l'aéronef, dans des outillages spécifiquement dédiés à la surveillance du turboréacteur TR, ou être implémenté dans un dispositif au sol dédié à la surveillance du turboréacteur.

De façon connue en soi, le turboréacteur TR est doté d'une
10 pluralité de capteurs 3 de fonctionnement, tels que par exemple des capteurs de position, de vitesse, de température, de pression, des capteurs vibratoires, etc. Ces capteurs sont adaptés à fournir à l'EMU 2 diverses mesures, afin qu'elle puisse surveiller le fonctionnement du turboréacteur TR.

15 Parmi ces capteurs, se trouve notamment un accéléromètre 3A, placé sur un composant fixe du turboréacteur TR (par exemple au niveau de l'un des paliers de l'arbre rotatif ABP). Un tel capteur est couramment utilisé dans les turboréacteurs, ou de façon plus générale dans les turbomachines, et ne sera pas décrit plus en détails ici.

20 Classiquement, l'accéléromètre 3A est adapté à fournir un signal électrique ou signal vibratoire d'accélération à l'instant t , noté $x(t)$, dont l'intensité est proportionnelle à l'accélération mesurée. Ce signal électrique résulte ici des accélérations imposées au composant fixe sur lequel est placé l'accéléromètre 3A, du fait de la présence de balourd(s) sur l'arbre
25 rotatif basse pression du turboréacteur TR, lorsque celui-ci est en fonctionnement. Il est fourni à l'EMU 2, et plus particulièrement au dispositif de surveillance 1.

On notera, qu'en variante, d'autres capteurs vibratoires peuvent être utilisés pour fournir un signal vibratoire proportionnel à une
30 accélération à l'EMU 2, tels que par exemple un microphone ou une jauge. Au sens de l'invention, on considère qu'un tel signal constitue un signal vibratoire d'accélération.

Le dispositif de surveillance 1 a ici l'architecture matérielle d'un ordinateur.

35 Il comporte notamment un processeur 11, une mémoire vive 12, une mémoire morte 13, et des moyens 14 pour communiquer avec des

équipements embarqués dans l'aéronef, tels que par exemple avec l'accéléromètre 3A. De façon connue, ces équipements et le dispositif de surveillance 1 selon l'invention communiquent entre eux par l'intermédiaire de lignes ou de bus de données numériques équipant l'aéronef, connus de l'homme du métier.

Le dispositif de surveillance 1 comprend en outre des moyens de communication 15 avec un serveur de l'exploitant de l'aéronef (non représenté), par exemple via un système ACARS.

La mémoire morte 13 comprend un programme informatique, conforme à l'invention, adapté à exécuter les principales étapes du procédé de surveillance selon l'invention, décrites maintenant en référence aux figures 2 à 6.

On suppose ici que l'arbre rotatif basse pression ABP surveillé présente un balourd dans le plan de la soufflante combiné à un balourd dans le plan de la turbine du turboréacteur TR. Sous l'effet de la torsion de l'arbre, ces balourds oscillent en opposition de phase.

La figure 2 représente une modélisation sous forme vectorielle de ces balourds, notés respectivement $\vec{B}_F$ et $\vec{B}_T$, dans le plan de la soufflante et dans le plan de la turbine.

Compte-tenu de cette modélisation, le signal vibratoire $x(t)$, délivré par l'accéléromètre 3A à l'instant t , peut être écrit sous la forme suivante :

$$x(t) = F \sin(\Omega_p t + \varphi_F + \theta_{mF} \sin(\Omega_m t)) + T \sin(\Omega_p t + \varphi_T + \theta_{mT} \sin(\Omega_m t + \pi))$$

où :

- Ω_p désigne la pulsation porteuse du signal vibratoire $x(t)$, représentative du régime de l'arbre rotatif. On notera que :

$$\Omega_p = 2\pi F_p$$

où F_p désigne la fréquence porteuse du signal vibratoire ;

- Ω_m désigne la pulsation de torsion de l'arbre rotatif. On notera que :

$$\Omega_m = 2\pi F_m$$

où F_m désigne la fréquence de torsion de l'arbre rotatif. Cette fréquence de torsion est connue et dépend des caractéristiques de l'arbre rotatif ;

- θ_{mF} et θ_{mT} désignent l'amplitude de la vibration de la torsion, respectivement dans le plan de la soufflante et dans le plan de la turbine ;

- F et T représentent l'amplitude crête du signal vibratoire $x(t)$ délivré par l'accéléromètre. L'amplitude F est une fonction du vecteur de balourd $\vec{B}_F$ dans le plan de la soufflante et de la réponse de la structure au balourd. L'amplitude T est une fonction du vecteur de balourd $\vec{B}_T$ dans le plan de la turbine et de la réponse de la structure au balourd ;
- φ_F désigne le déphasage correspondant à la position angulaire du vecteur de balourd $\vec{B}_F$ dans le plan de la soufflante par rapport à un angle de référence ; et
- φ_T désigne le déphasage correspondant à la position angulaire du balourd $\vec{B}_T$ dans le plan de la turbine par rapport à cet angle de référence.

Nous allons maintenant détailler, en référence aux figures 3A et 3B, les principales étapes du procédé de surveillance selon l'invention, dans un mode particulier de réalisation.

Dans le mode de réalisation envisagé ici, le procédé de surveillance se décompose en deux phases :

- une première phase P1 (représentée sur la figure 3A), au cours de laquelle on détecte la présence de vibrations en torsion de l'arbre rotatif ABP, et le cas échéant, on surveille l'amplitude de ces vibrations et on évalue leur sévérité ; et
- une seconde phase P2 (représentée sur la figure 3B), mise en œuvre ici seulement si une vibration en torsion d'amplitude trop élevée a été détectée lors de la phase P1, et au cours de laquelle on associe un niveau de confiance à cette détection.

Ainsi, au cours de la phase P1, le signal vibratoire d'accélération $x(t)$ issu du capteur 3A est fourni en continu, via les moyens de communication 14, au dispositif de surveillance 1 et stocké dans la mémoire vive 12 (étape E10).

A titre indicatif, les figures 4A à 4C illustrent l'allure du signal $x(t)$ sur des exemples :

- la figure 4A représente un signal $x(t)$ obtenu lorsque le balourd dans le plan turbine est nul ou quasi-nul (i.e. $T \approx 0$), et pour des vibrations en torsion de faible d'amplitude (de l'ordre de quelques degrés ici) ;
- la figure 4B représente un signal $x(t)$ obtenu lorsque le balourd dans le plan turbine est nul ou quasi-nul (i.e. $T \approx 0$), pour des vibrations en torsion d'amplitudes importantes ; et

– la figure 4C représente un signal $x(t)$ obtenu en présence d'un balourd dans le plan turbine et d'un balourd dans le plan de la soufflante.

Comme le montrent ces figures, le signal $x(t)$ n'est pas sinusoïdal, mais présente des dissymétries sur sa fréquence porteuse F_p .

5 Ces dissymétries se caractérisent par l'existence de paires de raies latérales dans le spectre de fréquence du signal $x(t)$, réparties de façon symétrique autour de la raie fondamentale R_0 liée au(x) balourd(s), et d'amplitudes plus ou moins importantes.

10 L'analyse de la quantité et de l'amplitude de ces raies latérales présentes dans le spectre de fréquence du signal $x(t)$, va permettre, conformément à l'invention, d'identifier la présence d'une vibration en torsion d'amplitude trop élevée et de déterminer la sévérité du phénomène ainsi identifié.

15 Ainsi, le spectre fréquentiel du signal $x(t)$ stocké dans la mémoire 12 est évalué (étape E20). Ce spectre fréquentiel est noté $X(f)$ où f désigne la fréquence. Dans l'exemple décrit, $X(f)$ est obtenu en évaluant la transformée de Fourier du signal $x(t)$ pris sur une fenêtre temporelle notée W , de longueur prédéterminée. L'obtention du spectre fréquentiel d'un signal temporel est connue en soi et ne sera pas détaillée
20 davantage ici.

A titre d'exemples, les figures 5A, 5B et 5C représentent les spectres $X(f)$ des signaux $x(t)$ illustrés respectivement sur les figures 4A, 4B et 4C.

25 On peut noter sur ces spectres la présence de paires de raies latérales, se trouvant de part et d'autre de la raie fondamentale située à la fréquence porteuse F_p , et espacées de la fréquence de torsion F_m . Ces paires de raies ont des amplitudes variables. On désignera par R_i et R_{-i} la paire de raies spectrales présentes aux fréquences F_i et F_{-i} vérifiant :

$$F_i = F_p + i \times F_m \text{ et } F_{-i} = F_p - i \times F_m$$

30 où i désigne un entier.

Conformément à l'invention, on recherche dans un premier temps la présence d'une première paire de raies latérales, situées aux fréquences $\pm F_m$ autour de la raie fondamentale R_0 (étape E30).

35 Cette recherche est effectuée selon des techniques connues de l'homme du métier. Par exemple, on compare, par rapport à un seuil

représentatif d'un niveau de bruit, les valeurs prises par le spectre $X(f)$ dans un intervalle prédéterminé sélectionné autour des fréquences $\pm F_m$.

Si la recherche ne permet pas de détecter de raie aux fréquences $\pm F_m$, on en déduit que le premier mode de torsion de l'arbre n'est pas excité. De ce fait, aucune alerte n'est levée (étape E50). Une nouvelle fenêtre W du signal vibratoire $x(t)$ est alors sélectionnée et les étapes E20 et E30 sont réitérées sur cette nouvelle fenêtre.

Au contraire, si une première paire de raies latérales R_1 et R_{-1} est détectée aux fréquences $\pm F_m$ durant l'étape de recherche, on détermine alors dans un second temps, l'amplitude de ces raies. Celle-ci est donnée par les valeurs des raies dans le spectre $X(f)$.

Puis, les amplitudes relatives de la première paire de raies R_1 et R_{-1} ainsi déterminées sont chacune comparées à un seuil prédéfini $S1_1$ (étape E40). On entend ici par amplitude relative le rapport de l'amplitude de la raie considérée sur l'amplitude de la raie fondamentale R_0 .

En variante, il est également possible de comparer directement les amplitudes « absolues » des raies R_1 et R_{-1} avec un seuil prédéfini.

Le seuil $S1_1$ constitue un premier seuil au sens de l'invention. Il est prédéfini et représentatif ici de l'amplitude relative des raies latérales au-delà de laquelle une vibration en torsion est préoccupante et nécessite la levée d'une alerte, voire la planification d'une opération de maintenance. Ce seuil est déterminé de façon expérimentale.

On notera, que dans une variante de réalisation, les étapes E30 et E40 peuvent être mises en œuvre simultanément, en recherchant la première paire de raies directement avec le seuil $S1_1$.

Si au moins une amplitude relative des raies R_1 et/ou R_{-1} est inférieure au seuil $S1_1$, on considère qu'il n'y a pas lieu d'émettre une alerte (étape E50) : une nouvelle fenêtre W du signal vibratoire $x(t)$ est alors sélectionnée et les étapes E20 à E40 sont réitérées sur cette nouvelle fenêtre.

Si au contraire, les deux amplitudes relatives des raies R_1 et R_{-1} sont chacune supérieures au premier seuil $S1_1$, l'émission d'un message d'alerte M est décidée (étape E60).

Dans le mode de réalisation décrit ici, ce message d'alerte M est associé à deux informations complémentaires caractérisant l'alerte, à

savoir d'une part, un niveau de sévérité de l'alerte et d'autre part, un niveau de confiance de l'alerte.

Dans une variante de réalisation, le message d'alerte M n'est associé qu'à l'une ou l'autre de ces informations.

- 5 Dans une autre variante de réalisation, le message d'alerte M est envoyé dès la détection d'un dépassement du premier seuil par les amplitudes des raies R_1 et R_{-1} , sans être associé à ces informations.

- 10 Pour évaluer le niveau de sévérité de l'alerte, on recherche, dans le spectre du signal $x(t)$, si d'autres paires de raies latérales (ex. R_2/R_{-2} , R_3/R_{-3} , etc.) sont présentes autour de la raie fondamentale R_0 , à des multiples de la fréquence de torsion de l'arbre ABP, et on détermine les amplitudes de ces paires de raies (étape E70).

Seules les raies dont l'amplitude est supérieure à un niveau de bruit prédéterminé sont considérées.

- 15 Les amplitudes relatives de ces raies sont alors comparées respectivement à des seuils prédéterminés (troisièmes seuils au sens de l'invention) (étape E80).

- 20 Par exemple, en référence à la figure 4A, on compare les amplitudes relatives des raies R_2 et R_{-2} à un seuil S_{12} . Le seuil S_{12} est choisi distinct du seuil S_{11} .

En variante, les seuils S_{11} et S_{12} peuvent être identiques. On notera par ailleurs, que les amplitudes respectives de chaque raie d'une paire de raies peuvent également être comparées à des seuils différents.

- 25 A la suite de cette comparaison, le dispositif de surveillance 1 évalue le nombre N de paires de raies latérales, réparties de façon symétrique autour de la raie fondamentale R_0 à des multiples de la fréquence de torsion de l'arbre, et dont les amplitudes dépassent les troisièmes seuils (étape E90).

- 30 Ce nombre N constitue une estimation du niveau de sévérité de l'alerte au sens de l'invention : plus N est élevé, plus le phénomène de vibration en torsion auquel est soumis l'arbre ABP est considéré comme sévère.

On suppose dans l'exemple de la figure 4A, que ce nombre est égal à 2, et inclut la paire de raies à $\pm F_m$ et la paire de raies à $\pm 2F_m$.

- 35 Le nombre N est alors inséré dans un champ prédéterminé du message M.

A la suite de cette première phase P1, une seconde phase P2 est mise en œuvre afin d'associer au message d'alerte M un niveau de confiance (figure 3B).

A cette fin, dans le mode de réalisation décrit ici, on recherche
5 dans le signal $x(t)$ la présence d'une caractéristique qui viendrait conforter l'alerte identifiée au cours de la phase P1, à savoir la présence d'une modulation d'amplitude dans le signal $x(t)$.

La figure 4C illustre un exemple de signal $x(t)$ sur lequel on observe non seulement des dissymétries sur la fréquence porteuse F_p mais
10 également la présence d'une modulation d'amplitude.

Ainsi, au cours de la phase P2, le dispositif de surveillance 1 génère un signal d'enveloppe $x'(t)$ à partir du signal temporel $x(t)$ (étape E100).

Pour ce faire, il évalue tout d'abord la transformée de Hilbert
15 $\tilde{x}(t)$ du signal $x(t)$. Le calcul de la transformée de Hilbert d'un signal temporel est connu en soi et ne sera pas détaillé davantage ici.

Le signal d'enveloppe $x'(t)$ à l'instant t du signal $x(t)$ est alors obtenu à l'aide de l'équation suivante :

$$x'(t) = \sqrt{x^2(t) + \tilde{x}^2(t)}$$

20 On notera que la fréquence du signal d'enveloppe $x'(t)$ est la fréquence de torsion F_m de l'arbre rotatif.

Le spectre du signal d'enveloppe $x'(t)$, noté $X'(f)$ où f désigne la fréquence, est alors évalué par le dispositif de surveillance, à l'aide d'une transformée de Fourier, comme décrit précédemment pour le spectre $X(f)$
25 (étape E110).

La figure 6 représente le spectre du signal d'enveloppe $x'(t)$ correspondant au signal $x(t)$ illustré sur la figure 4C. Une raie spectrale fondamentale R'_1 à la fréquence de torsion F_m , ainsi qu'une harmonique R'_2 à la fréquence $2F_m$, peuvent être identifiées dans le spectre.

30 On notera que plus généralement, la présence d'une modulation d'amplitude se manifeste par la présence dans le spectre du signal d'enveloppe, d'une raie spectrale R'_1 dite fondamentale à la fréquence de torsion F_m de l'arbre, et éventuellement d'harmoniques R'_i à des multiples F'_i de la fréquence de torsion telles que :

35
$$F'_i = i \times F_m,$$

où i désigne un entier supérieur à 1.

A partir du spectre $X'(f)$, on recherche donc s'il existe une raie spectrale R'_1 présente dans le signal $X'(f)$ à la fréquence de torsion F_m de l'arbre (étape E120). Cette recherche est réalisée de façon similaire à l'étape de recherche E30.

- 5 Si aucune raie n'est détectée (autrement dit aucune modulation d'amplitude n'est détectée dans le signal vibratoire $x(t)$), un niveau de confiance médian est associé par défaut au message d'alerte M (étape E130). Dans l'exemple décrit ici, ce niveau de confiance médian est reflété par un indicateur positionné à la valeur « médian », et inclus dans un
10 champ prédéterminé du message M.

Si une raie R'_1 est détectée, on détermine son amplitude : celle-ci est donnée par la valeur de la raie dans le spectre $X'(f)$.

- Puis l'amplitude ainsi déterminée est comparée à un seuil S_2 prédéfini (étape E140), obtenu de façon expérimentale. Le seuil S_2 est un
15 deuxième seuil au sens de l'invention.

- Comme décrit précédemment en référence aux étapes E30 et E40, dans une variante de réalisation, les étapes E120 et E140 peuvent être réalisées simultanément, en recherchant une raie dans le signal $X'(f)$ à la fréquence de torsion F_m directement avec le seuil S_2 . Si l'amplitude
20 de la raie R'_1 est supérieure au seuil S_2 , alors un niveau de confiance élevé est associé au message d'alerte M (étape E150). Dans l'exemple décrit ici, ce niveau de confiance élevé est reflété par un indicateur positionné à la valeur « élevé », inclus dans un champ prédéterminé du message M.

- 25 Sinon, un niveau de confiance médian (i.e. indicateur positionné à la valeur « médian ») est associé au message d'alerte M et inclus dans le champ approprié du message (étape E130).

- En d'autres mots, un niveau de confiance élevé au sens de l'invention vient confirmer la détection d'une vibration en torsion
30 d'amplitude trop importante réalisée à la phase P1. Pour autant, un niveau de confiance médian ne présupera pas de l'absence de validité de cette détection.

- Bien entendu, un nombre différent de raies peut être considéré pour estimer le niveau de confiance. Par exemple, on peut observer la raie
35 située à la fréquence de torsion ainsi qu'une ou plusieurs harmoniques, et adapter le niveau de confiance en conséquence.

On notera que les deux phases P1 (étapes E10 à E90) et P2 (étapes E100 à E150) peuvent être indifféremment menées simultanément ou au contraire successivement (dans un ordre quelconque).

5 A l'issue des étapes E130 et E150, le dispositif de surveillance 1 émet le message d'alerte M (étape E160). Ce message d'alerte contient ici le niveau de confiance et le niveau de sévérité estimés respectivement aux étapes E130/E150 et E90.

10 Ce message M est par exemple envoyé par les moyens 14 au pilote de l'aéronef, afin qu'il puisse adapter le régime de fonctionnement du turboréacteur TR.

En variante, le message M peut être envoyé par les moyens 15 au serveur de l'exploitant de l'aéronef, et contenir une invitation à effectuer une opération de maintenance sur le turboréacteur TR.

15 Dans une autre variante de réalisation de l'invention, le niveau de confiance associé au message d'alerte M peut être consolidé, avant l'émission du message M, avec des diagnostics issus d'autres algorithmes de surveillance implémentés sur le turboréacteur.

REVENDICATIONS

1. Procédé de surveillance de vibrations en torsion d'un arbre rotatif (ABP) d'une turbomachine (TR) comprenant :

- 5 – une étape d'obtention (E10) d'un signal vibratoire d'accélération issu d'un accéléromètre (3A) localisé sur un composant fixe de la turbomachine, ce signal vibratoire étant caractérisé par une fréquence porteuse ;
- une étape d'évaluation (E20) d'un spectre fréquentiel de ce signal
10 vibratoire ;
- une étape de recherche (E30,E40) d'une paire de raies spectrales d'amplitudes supérieures à au moins un premier seuil, réparties dans le spectre autour de la fréquence porteuse du signal vibratoire et espacées de celle-ci d'une fréquence de torsion de l'arbre ; et
- 15 – le cas échéant, une étape d'émission (E160) d'un message d'alerte.

2. Procédé de surveillance selon la revendication 1 comprenant en outre :

- une étape d'évaluation (E100) d'un signal d'enveloppe du signal
20 vibratoire ;
- une étape d'évaluation (E110) d'un spectre fréquentiel de ce signal d'enveloppe ;
- une étape de recherche (E120) d'au moins une raie spectrale dans le spectre du signal d'enveloppe d'amplitude supérieure à un deuxième
25 seuil, à un multiple de la fréquence de torsion de l'arbre ; et
- une étape d'estimation (E130,E150) d'un niveau de confiance associé au message d'alerte, en fonction du résultat de l'étape de recherche (E120).

30 3. Procédé de surveillance selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'au cours de l'étape d'évaluation du signal d'enveloppe, on obtient le signal d'enveloppe à partir d'une transformée de Hilbert du signal vibratoire.

35 4. Procédé de surveillance selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant en outre :

- une étape de recherche (E70) d'au moins une autre paire de raies spectrales réparties dans le spectre du signal vibratoire autour de la fréquence porteuse, et espacées de celle-ci d'un multiple de la fréquence de torsion de l'arbre ; et
 - 5 – une étape d'estimation (E90) d'un niveau de sévérité associé au message d'alerte, ce niveau de sévérité dépendant du nombre de paires de raies trouvées à l'étape de recherche (E70), et dont les amplitudes dépassent au moins un troisième seuil.
- 10 5. Programme d'ordinateur comportant des instructions pour l'exécution des étapes d'un procédé de surveillance selon l'une quelconques des revendications 1 à 4 lorsque ledit programme est exécuté par un ordinateur.
- 15 6. Support d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour l'exécution des étapes d'un procédé de surveillance selon l'une quelconque des revendications 1 à 4.
- 20 7. Dispositif de surveillance (1) de vibrations en torsion d'un arbre rotatif (ABP) d'une turbomachine (TR), comprenant :
- des moyens d'obtention (11) d'un signal vibratoire d'accélération issu d'un accéléromètre (3A) localisé sur un composant fixe de la turbomachine, ce signal vibratoire étant caractérisé par une fréquence
 - 25 porteuse ;
 - des moyens d'évaluation (11) d'un spectre fréquentiel de ce signal vibratoire ;
 - des moyens de recherche (11) d'une paire de raies spectrales d'amplitudes supérieures à au moins un premier seuil, réparties dans le
 - 30 spectre autour de la fréquence porteuse du signal vibratoire et espacées de celle-ci d'une fréquence de torsion de l'arbre ; et
 - des moyens d'émission (14,15) d'un message d'alerte activés le cas échéant.
- 35 8. Dispositif de surveillance (1) selon la revendication 7 comprenant en outre :

- des moyens d'évaluation (11) d'un signal d'enveloppe du signal vibratoire ;
- des moyens d'évaluation (11) d'un spectre fréquentiel de ce signal d'enveloppe ;
- 5 – des moyens de recherche (11) d'au moins une raie spectrale dans le spectre du signal d'enveloppe d'amplitude supérieure à un deuxième seuil, à un multiple de la fréquence de torsion de l'arbre ; et
- des moyens d'estimation (11) d'un niveau de confiance associé au message d'alerte, en fonction du résultat de cette recherche.

10

9. Dispositif de surveillance (1) selon la revendication 7 ou 8 comprenant en outre :

- des moyens de recherche d'au moins une autre paire de raies spectrales réparties dans le spectre du signal vibratoire autour de la fréquence porteuse, et espacées de celle-ci d'un multiple de la fréquence de torsion de l'arbre ; et
- 15 – des moyens d'estimation (11) d'un niveau de sévérité associé au message d'alerte, ce niveau de sévérité dépendant du nombre de paires trouvées par les moyens de recherche, et dont les amplitudes dépassent
- 20 au moins un troisième seuil.

10. Turbomachine (TR) comprenant :

- un dispositif de surveillance (1) selon l'une quelconque des revendications 7 à 9 ; et
- 25 – un accéléromètre (3A) localisé sur un composant fixe de la turbomachine et adapté à fournir au dispositif de surveillance un signal vibratoire d'accélération.

1/6

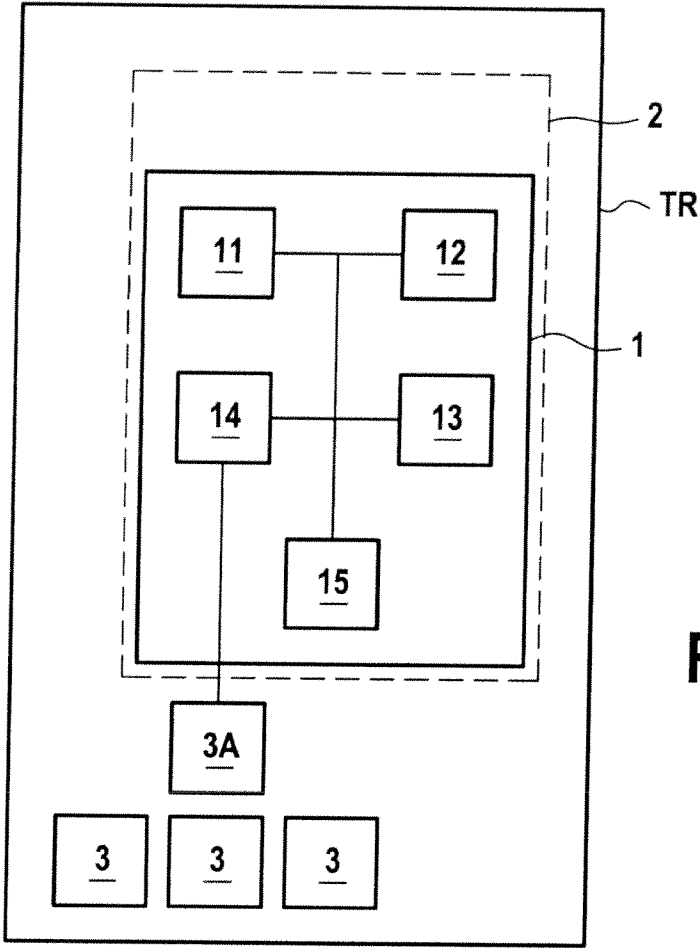


FIG.1

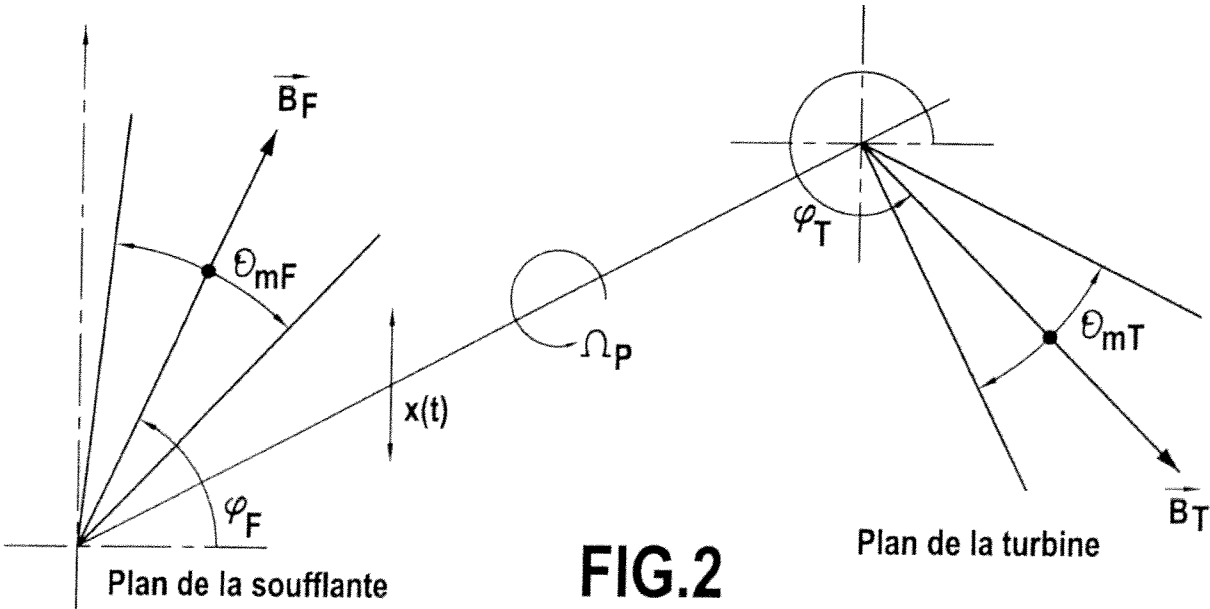


FIG.2

2/6

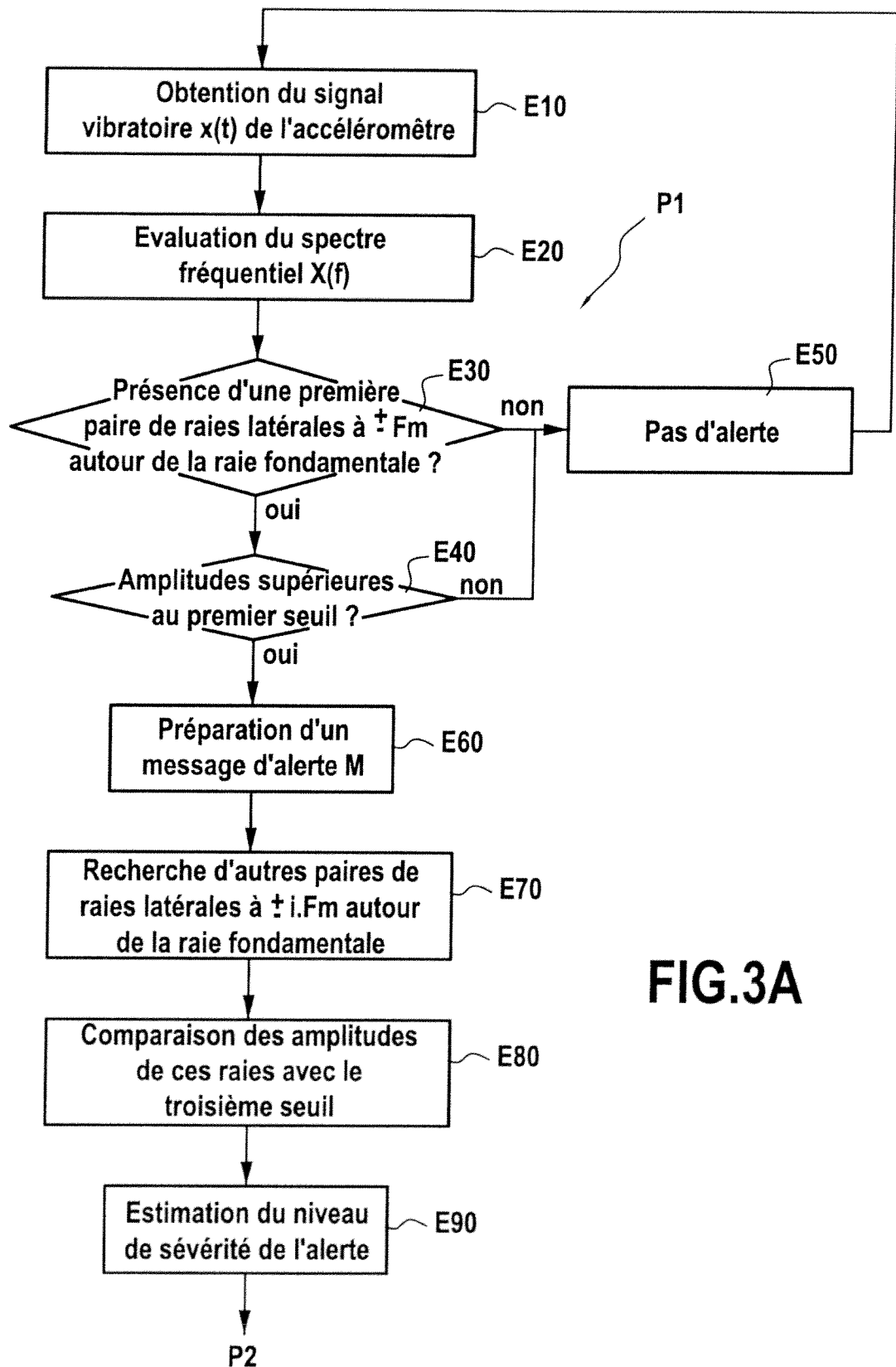
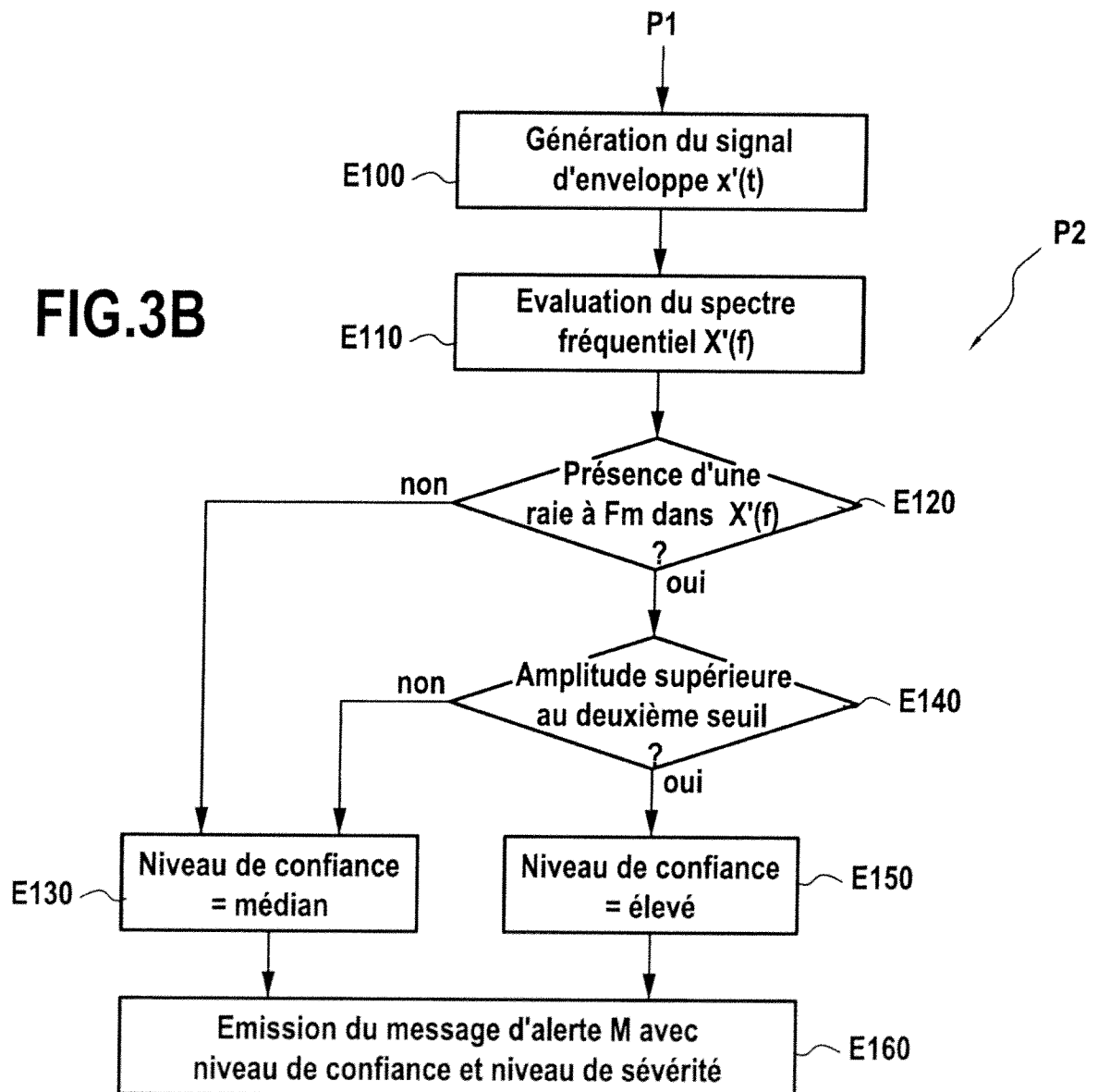


FIG.3A

3/6

FIG.3B



4/6

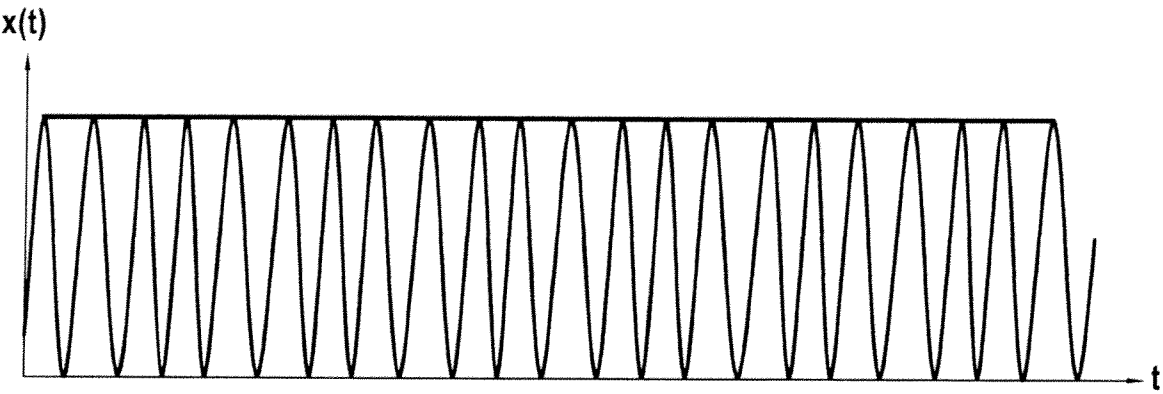


FIG.4A

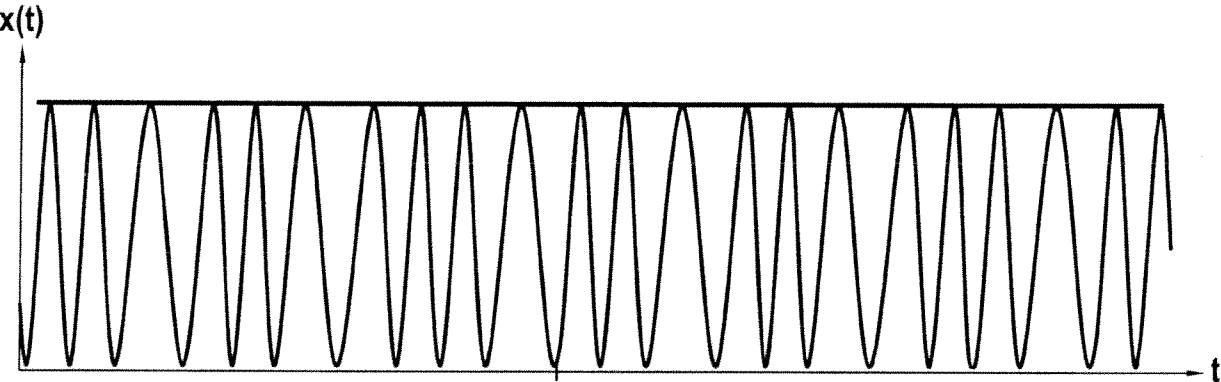


FIG.4B

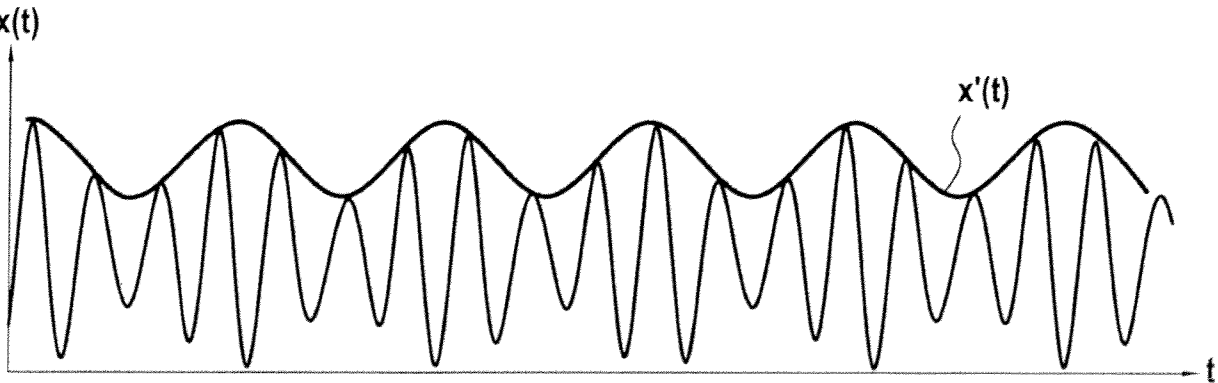


FIG.4C

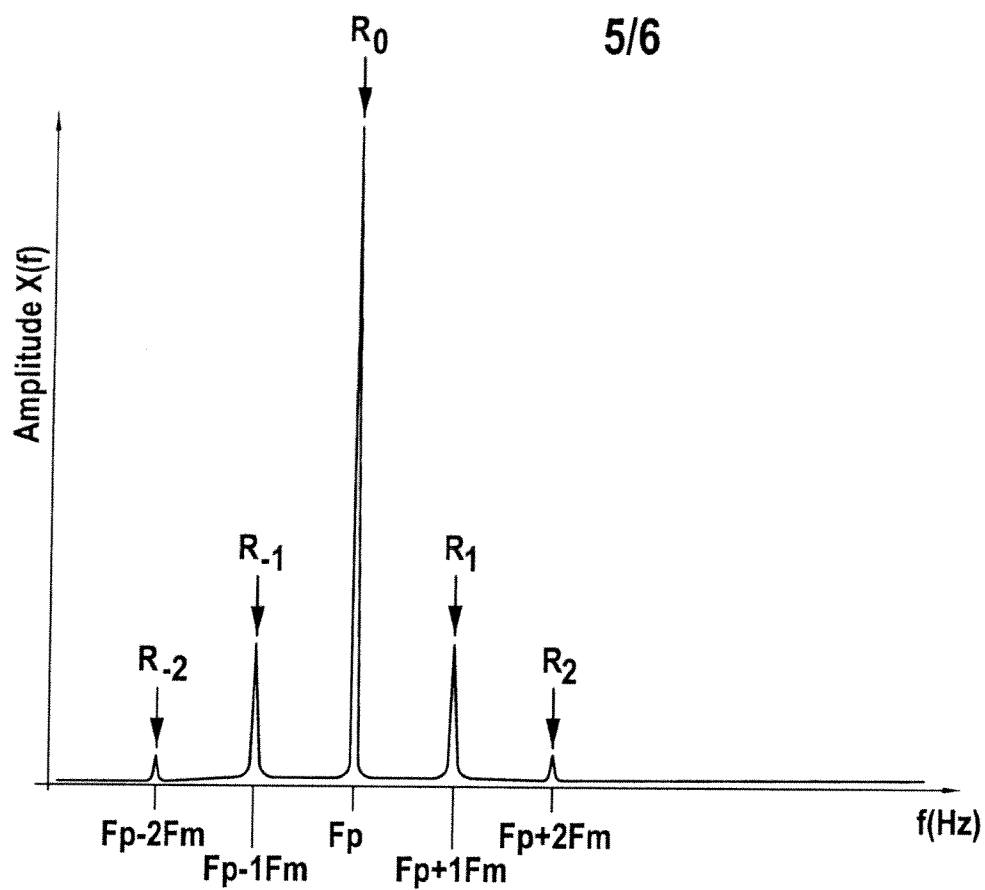


FIG.5A

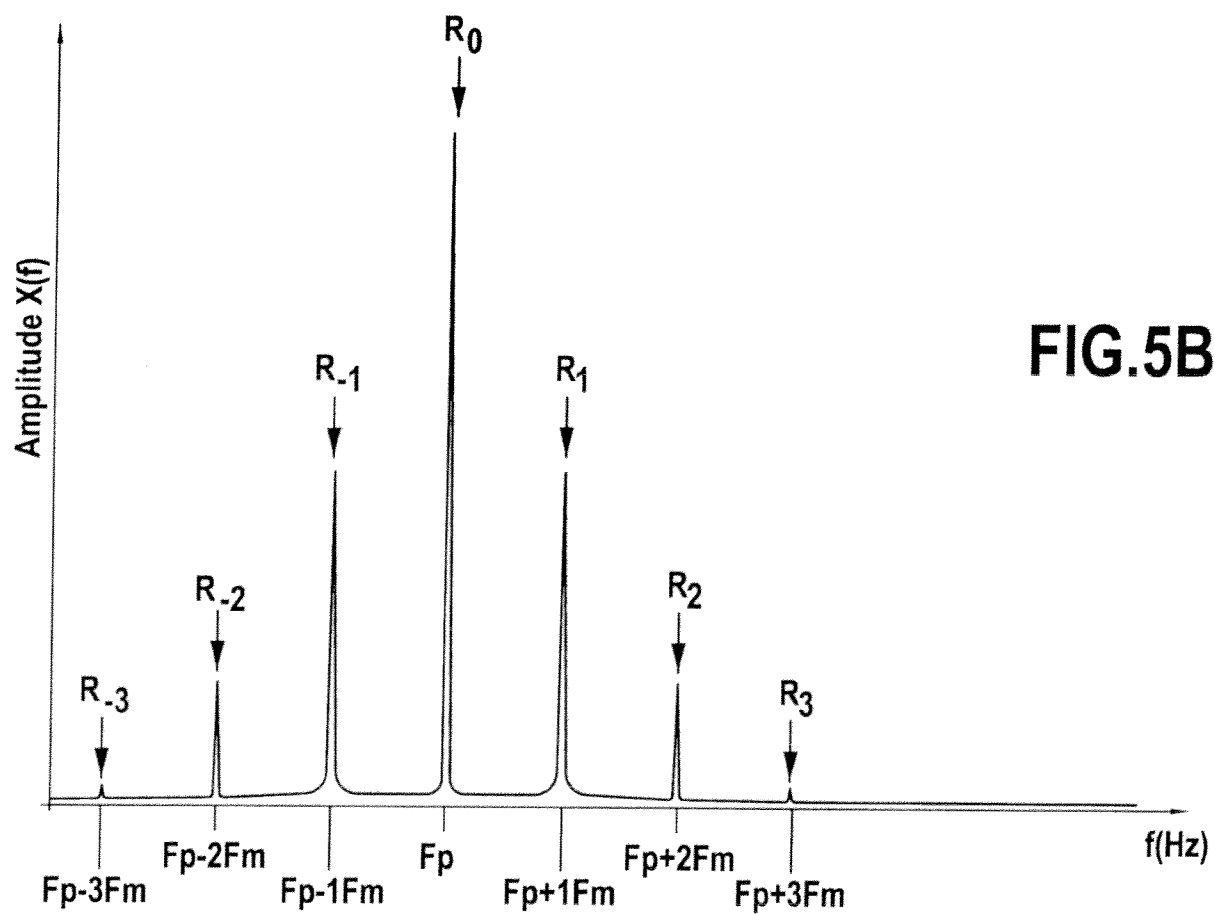


FIG.5B

6/6

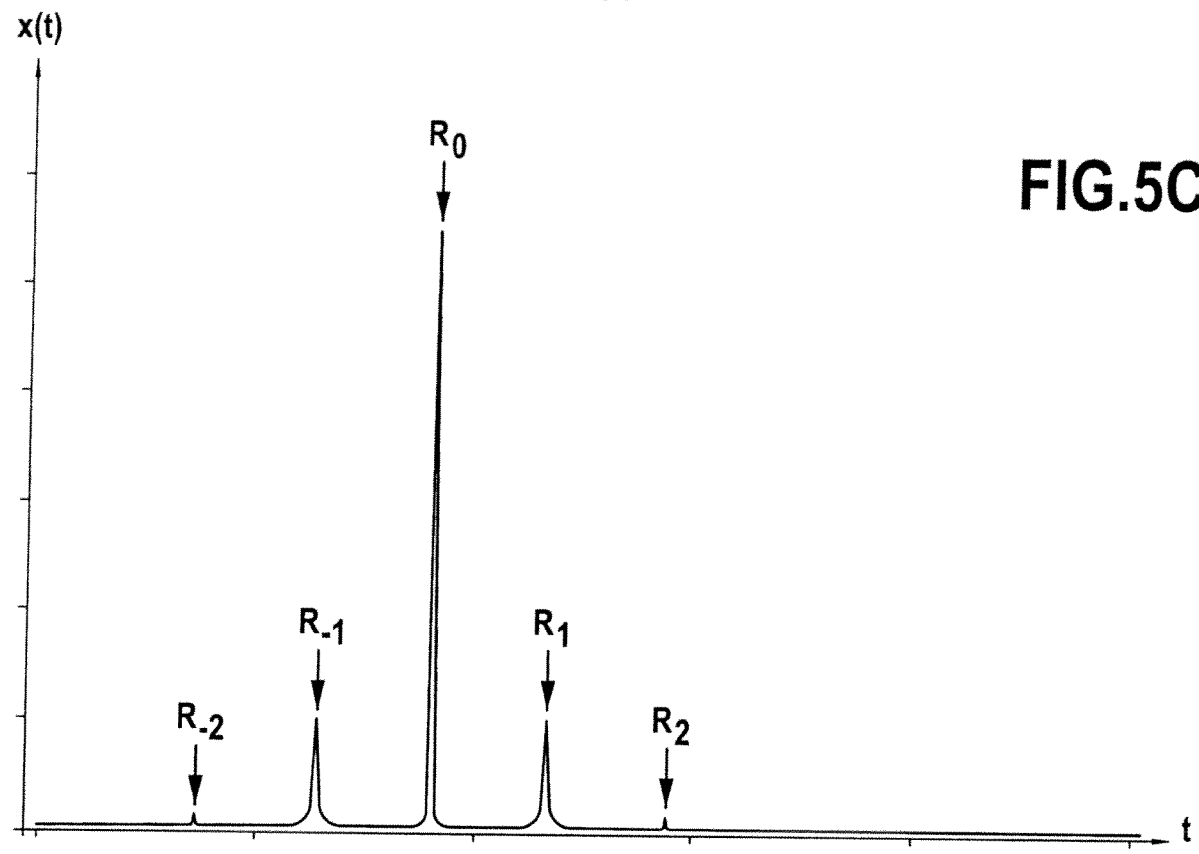


FIG.5C

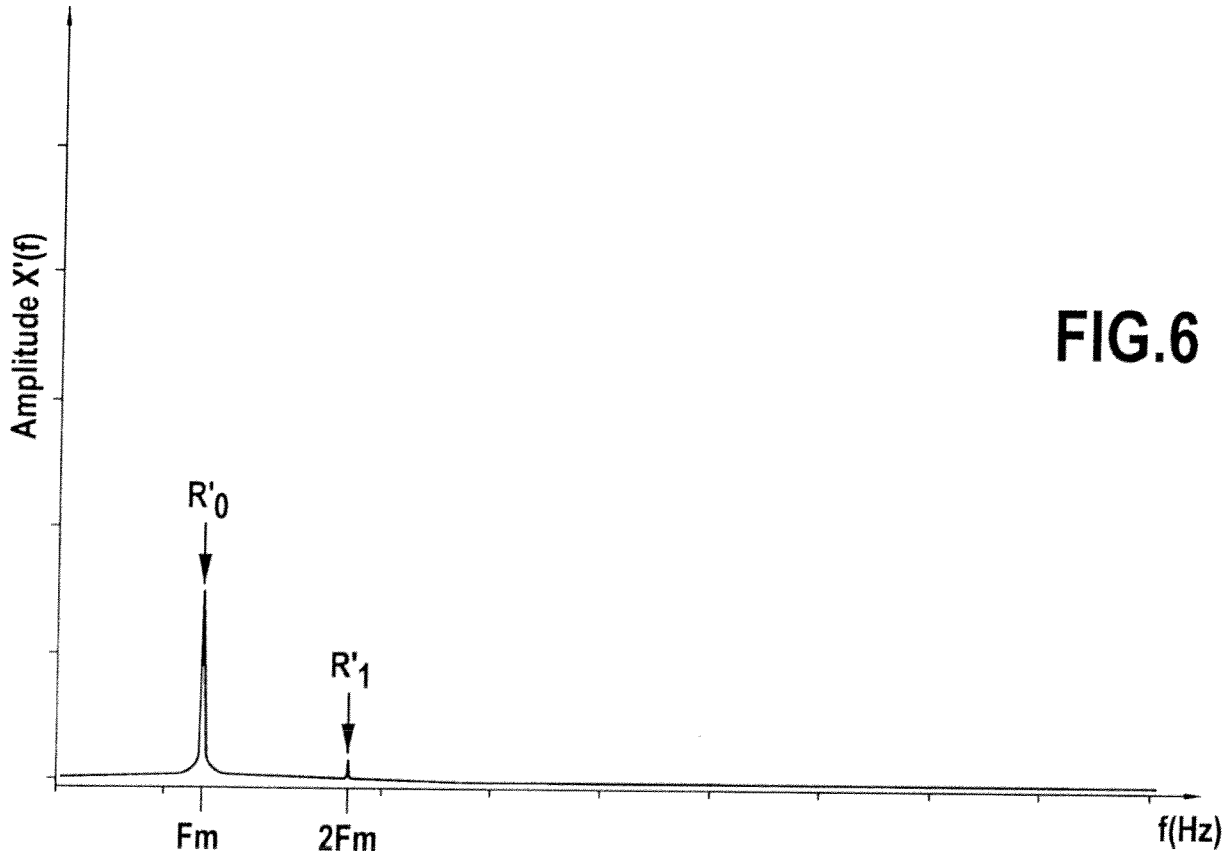


FIG.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2010/052467

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. 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)
G01H

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 96/05486 A1 (MONITORING TECH CORP [US]) 22 February 1996 (1996-02-22) page 1, line 10 - line 15 page 5, line 18 - line 27 page 9, line 5 - line 10; figures 9,10 -----	1-10
A	US 2005/171736 A1 (KANG PENGJU [US]) 4 August 2005 (2005-08-04) paragraph [0001]; claim 1 -----	1,7,10
A	WO 03/073050 A2 (EATON CORP [US]) 4 September 2003 (2003-09-04) paragraph [0001]; claim 1 -----	1,7,10
A	US 2005/183504 A1 (HOBELBERGER MAX [CH] ET AL) 25 August 2005 (2005-08-25) * abstract -----	1,7,10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"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

28 January 2011

Date of mailing of the international search report

03/02/2011

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

Lorne, Benoît

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2010/052467

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9605486	A1	22-02-1996	AT 216771 T 15-05-2002
		AU 3276695 A 07-03-1996	
		CA 2193628 A1 22-02-1996	
		DE 69526507 D1 29-05-2002	
		DE 69526507 T2 26-09-2002	
		EP 0776464 A1 04-06-1997	
		JP 10504107 T 14-04-1998	

US 2005171736	A1	04-08-2005	NONE

WO 03073050	A2	04-09-2003	AU 2003206067 A1 09-09-2003
		US 6729186 B1 04-05-2004	

US 2005183504	A1	25-08-2005	AU 2003297314 A1 30-04-2004
		CN 1695048 A 09-11-2005	
		WO 2004025232 A2 25-03-2004	
		EP 1537390 A2 08-06-2005	
		JP 2005538370 T 15-12-2005	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2010/052467

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. 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)
G01H

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 96/05486 A1 (MONITORING TECH CORP [US]) 22 février 1996 (1996-02-22) page 1, ligne 10 - ligne 15 page 5, ligne 18 - ligne 27 page 9, ligne 5 - ligne 10; figures 9,10 -----	1-10
A	US 2005/171736 A1 (KANG PENGJU [US]) 4 août 2005 (2005-08-04) alinéa [0001]; revendication 1 -----	1,7,10
A	WO 03/073050 A2 (EATON CORP [US]) 4 septembre 2003 (2003-09-04) alinéa [0001]; revendication 1 -----	1,7,10
A	US 2005/183504 A1 (HOBELBERGER MAX [CH] ET AL) 25 août 2005 (2005-08-25) * abrégé -----	1,7,10



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

28 janvier 2011

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

03/02/2011

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

Lorne, Benoît

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2010/052467

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9605486	A1	22-02-1996	AT 216771 T	15-05-2002
			AU 3276695 A	07-03-1996
			CA 2193628 A1	22-02-1996
			DE 69526507 D1	29-05-2002
			DE 69526507 T2	26-09-2002
			EP 0776464 A1	04-06-1997
			JP 10504107 T	14-04-1998

US 2005171736	A1	04-08-2005	AUCUN	

WO 03073050	A2	04-09-2003	AU 2003206067 A1	09-09-2003
			US 6729186 B1	04-05-2004

US 2005183504	A1	25-08-2005	AU 2003297314 A1	30-04-2004
			CN 1695048 A	09-11-2005
			WO 2004025232 A2	25-03-2004
			EP 1537390 A2	08-06-2005
			JP 2005538370 T	15-12-2005
