

(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 2015/082835 A1

(43) Date de la publication internationale
11 juin 2015 (11.06.2015)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
G01L 25/00 (2006.01) G01L 3/10 (2006.01)
G01L 1/16 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2014/053138
- (22) Date de dépôt international :
2 décembre 2014 (02.12.2014)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
FR1362037 3 décembre 2013 (03.12.2013) FR
FR1451011 10 février 2014 (10.02.2014) FR
- (71) Déposant : SNECMA [FR/FR]; 2 Boulevard du Général
Martial Valin, F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeurs : CURLIER, Augustin; SNECMA PI (AJI),
Rond-Point René Ravaud - Réau, F-77550 Moissy-cra-
mayel (FR). LE GOUELLEC, Gilles; SNECMA PI (AJI),
Rond-Point René Ravaud - Réau, F-77550 Moissy-cra-
mayel (FR). KUNAKOVITCH, Alexis; SNECMA PI
(AJI), Rond-Point René Ravaud - Réau, F-77550 Moissy-
cramayel (FR).
- (74) Mandataires : BARBE, Laurent et al.; Gevers France, 41
avenue de Friedland, 75008 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : TORQUE-MEASUREMENT DEVICE FOR A TURBOMACHINE SHAFT

(54) Titre : DISPOSITIF DE MESURE DE COUPLE POUR ARBRE DE TURBOMACHINE

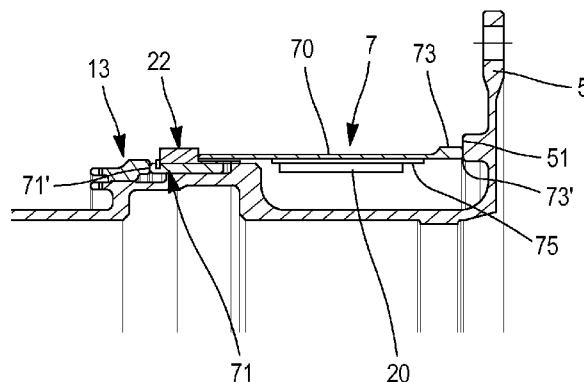


FIG. 3

(57) Abstract : The present invention relates to a torque-measurement device for a turbine engine shaft (1) including a proof body (7) capable of being mounted on the shaft, characterised in that the proof body (7) forms a mounting for at least one acoustic-wave strain gauge (20) and is magnetised such as to allow the torque to be measured by magnetostrictive effect. The invention also relates to a method for calibrating the torque-measurement system including a first step of calibrating said device, the device being mounted on a shaft but outside of the engine, by applying reference torques to the shaft with the device and by establishing a rule regarding the relationship between the strain measured by said strain gauge and the actual torque applied, a step of mounting the shaft with the device inside the turbine engine together with placement of the magnetostrictive measurement system, the calibration of the first step being optionally reset with the engine stopped, and a step of establishing a calibration rule regarding the relationship between the torque measured by magnetostrictive effect and the reference torque provided by the strain gauges.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2015/082835 A1

Publiée :

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

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

La présente invention porte sur un dispositif de mesure de couple pour arbre (1) de turbomachine comprenant un corps d'épreuve (7) apte à être monté sur l'arbre, caractérisé par le fait que le corps d'épreuve (7) forme support d'au moins une jauge (20) de contrainte à ondes acoustiques et est magnétisé de manière à permettre une mesure de couple par effet magnétostrictif. L'invention porte également sur un procédé de calibration du système de mesure de couple comprenant une première étape de calibration dudit dispositif, le dispositif étant monté sur arbre mais hors moteur, par application de couples de référence sur l'arbre avec le dispositif et en établissant une loi entre la contrainte mesurée par ladite jauge de contrainte et le couple réel appliqué, une étape de montage de l'arbre avec le dispositif dans la turbomachine avec mise en place du système de mesure magnétostrictif, éventuellement la calibration de la première étape est recalée le moteur étant arrêté, et une étape d'établissement d'une loi de calibration entre le couple mesuré par effet magnétostrictif et le couple de référence donné par les jauges de contrainte.

Dispositif de mesure de couple pour arbre de turbomachine

Domaine de l'invention

5 La présente invention a trait aux dispositifs pour mesurer le couple transmis par un arbre moteur, tel par exemple un arbre d'une turbomachine d'un aéronef.

Etat de l'art

10 L'état de l'art comprend notamment le document US-A1-2007/030134.

La mesure de couple sur les arbres de puissance dans une turbomachine est un paramètre très important pour la régulation, la protection et la conception du moteur, en particulier pour ce qui concerne les turbopropulseurs.

15

Selon une technique connue, la détermination du couple s'appuie sur une mesure de la déformation en torsion de l'arbre, car celle-ci est fonction du couple transmis.

20

La présente invention vise un dispositif se rapportant à la mesure de la contrainte de l'arbre à laquelle il est soumis.

25

Les mesures de couple fondées sur une déformation de l'arbre sont communément effectuées à l'aide de roues phoniques imbriquées sur lesquelles on mesure le déphasage à l'aide d'une sonde fixe. Les roues phoniques sont chacune solidaires de l'arbre en des points distants l'un de l'autre, et le déphasage entre des repères angulaires portés par les roues permet de déterminer la déformation en torsion de l'arbre entre ces deux points. Par exemple les demandes de brevet WO 2009/141261 ou WO 2011/144874 aux noms respectifs de Turbomeca et de Snecma décrivent des méthodes et des dispositifs mettant en œuvre une telle technique.

30

Cette technique est bien connue et ses inconvénients peuvent être anticipés. Elle est ainsi sensible aux bruits et aux perturbations extérieures ce qui induit une précision moyenne. Elle est aussi sensible à l'installation dans le moteur et aux variations d'entrefer au cours du fonctionnement du moteur qui doivent être réduites.

Lors de la conception et la mise au point de nouveaux moteurs, la solution se fondant sur la mise en place de roues phoniques imbriquées peut se révéler inappropriée en raison des variations d'entrefer entre le bord du capteur et la roue phonique qui sont susceptibles de survenir dans le moteur. C'est le cas par exemple lorsque cette variation d'entrefer viendrait à être générée par des balourds ou des charges avion.

Lorsque les études sur le moteur conduisent à une estimation de consommation de jeu très importante, on s'oriente vers d'autres techniques.

La calibration de la mesure de couple est un autre problème qui est susceptible d'être posé. La calibration consiste à établir une loi corrélant la contrainte mesurée par rapport au couple appliqué.

Par expérience il est nécessaire de réaliser cette calibration une fois le système de mesure intégré sur le moteur et non sur banc. En effet, on constate en pratique des effets de bord liés à l'intégration du système de mesure dans le moteur. Ils s'expliquent par le fait que la calibration dans le banc est faite avec une configuration spatiale différente de la configuration définitive une fois le système monté sur le moteur : les tolérances de montage et les chaînes de cotes jouent grandement sur la loi de calibration.

L'utilisation d'un banc frein en sortie d'arbre est donc la méthode couramment utilisée pour calibrer le système de mesure, le banc frein fournissant une mesure de couple de référence. Sur les moteurs comportant plusieurs hélices, l'utilisation d'un banc frein n'est toutefois pas possible car les moyeux des hélices ne sont pas accessibles quand le moteur est assemblé. Dans une telle éventualité, Il se pose le problème d'étalonner le système de mesure vis-à-vis d'une référence extérieure.

L'impossibilité d'utiliser la mesure traditionnelle, ainsi que l'impossibilité de calibrer la mesure ont amené à rechercher un nouveau système de mesure de couple.

L'invention a pour premier objet un système de mesure de couple tolérant aux variations d'entrefer.

On connaît la mesure de couple par utilisation de jauges de contrainte à ondes
5 acoustiques de surface désignées souvent par l'acronyme anglais SAW pour
Surface Accoustic Waves.

Une jauge de contrainte SAW comprend un élément piézoélectrique excité par une
onde électromagnétique proche de sa fréquence de résonance via une antenne.
10 L'onde électromagnétique se traduit par une onde acoustique de surface dans le
matériau. Une fois excité, le matériau entre en résonance et émet une onde en écho.
La fréquence de l'onde électromagnétique est lue par une unité de contrôle et permet
de retrouver la contrainte appliquée à la jauge. Un mode de mesure mettant en
œuvre des jauges SAW est par exemple décrit dans la demande de brevet FR
15 2919050 au nom de la société Sensor

Le présent demandeur a développé un moyen d'intégration sur l'arbre d'une
turbomachine de jauges fonctionnant selon ce principe. Il est décrit dans la demande
de brevet FR 1362037 déposé le 02/12/2013. La solution présente l'avantage de voir
20 l'ensemble des constituants nécessaires à la mesure directement intégré à l'arbre. Ils
se trouvent ainsi dans leur configuration spatiale définitive avant leur installation dans
le moteur. Une calibration effectuée hors moteur est donc peu perturbée par
l'installation sur moteur, contrairement au système de mesure par roues phoniques
imbriquées notamment. Les effets de bords de l'intégration dans le moteur sont
25 faibles. On désigne par cette expression l'agencement exact des différentes pièces
du système de mesure qui est susceptible de perturber fortement les performances
de mesure.

Cette technique présente cependant l'inconvénient de posséder un faible niveau de
30 maturité. En l'état actuel de son développement, la durée de vie et la robustesse de
l'ensemble ne sont pas adaptées à une application aéronautique série.

On connaît par ailleurs la technique de mesure de couple par effet magnétostrictif.

Cette technique consiste à magnétiser deux tranches d'arbre polarisées dans des sens opposés selon leur direction circonférentielle. Le champ magnétique produit est proportionnel au couple transmis et peut être mesuré par des détecteurs de champ magnétique disposés autour de l'arbre. Un exemple de réalisation est par exemple décrit dans le brevet US 5 052 232.

Cette technique présente un niveau de maturité supérieur à celle des jauges SAW. On estime que la durée de vie et la robustesse des moyens mis en œuvre sont meilleures pour un moteur série car le traitement du signal est plus simple, les interactions mécaniques et le nombre d'éléments étant limités. Par ailleurs, une excellente précision peut être visée.

Cependant les systèmes de mesure par effet magnétostrictif présentent, notamment par rapport aux jauges SAW, l'inconvénient de nécessiter un montage sur moteur en deux fois car les éléments statorique d'une part et rotorique d'autre part qui les composent doivent être montés séparément. En raison des tolérances de montage, le système de mesure est donc dans une configuration mécanique différente sur moteur que lors d'une calibration hors moteur. La calibration de la mesure effectuée par cette technique est donc sensible à l'installation sur moteur.

La présente invention a pour second objectif la réalisation d'un dispositif et d'un système associé qui soient à la fois tolérants aux variations d'entrefer, robustes et dont la calibration de la mesure soit compatible avec les exigences liées aux nouveaux moteurs en développement.

Exposé de l'invention

On parvient à ces objectifs avec un dispositif de mesure de couple pour arbre de turbomachine comprenant un corps d'épreuve apte à être monté sur ledit arbre, caractérisé par le fait que le corps d'épreuve forme support d'au moins une jauge de contrainte à ondes acoustiques et est magnétisé de manière à permettre une mesure de couple par effet magnétostrictif.

Le dispositif selon l'invention, en combinant les moyens de mesure sur un même corps d'épreuve, permet de calibrer la mesure magnétostrictive pour la régulation du moteur par la mesure réalisée préalablement avec la ou les jauges de contrainte à ondes acoustiques en tant qu'instrumentation.

5

Un corps d'épreuve est une pièce pouvant assurer la transformation de la grandeur physique à mesurer en une autre grandeur physique mesurable.

Le dispositif de l'invention présente les avantages suivants :

10

- La mesure magnétostrictive peut être calibrée une fois installée sur moteur ; on évite alors une calibration hors moteur peu représentative et ainsi on gagne en performance.
- L'utilisation d'un banc frein particulièrement coûteux ou impossible à mettre en œuvre est évitée.
- Les performances des systèmes de mesure sont évaluées une fois que ceux ci sont montés sur le moteur.
- Il permet d'évaluer, voire caractériser les effets de bord liés à l'installation de la mesure dans le moteur.

15

20

Selon un mode de réalisation préféré le corps d'épreuve est de forme tubulaire, ladite jauge étant fixée à la paroi de l'élément tubulaire, et comprend une antenne de transmission de signal reliée à la jauge, ledit élément tubulaire étant agencé pour être monté concentriquement sur ledit arbre et comprenant deux éléments de fixation à l'arbre distants axialement l'un de l'autre.

25

Avantageusement la jauge est montée sur la face intérieure de l'élément tubulaire. La fixation est de préférence assurée par collage ; la liaison entre la jauge et son support est alors soumise uniquement à des efforts de compression qui garantissent une meilleure tenue dans le temps. En outre cela permet de la protéger en utilisation.

30

Plus particulièrement, au moins l'un des éléments de fixation est à friction, il comprend notamment une surface de contact perpendiculaire à l'axe de l'élément tubulaire. Cet élément de fixation présente l'avantage d'éviter tout effet d'hystérésis

sur la mesure car le contact par friction assure un maintien permanent sans jeu de fonctionnement.

De préférence aussi, l'un des éléments de fixation comporte des dents agencées
5 pour coopérer avec des dents de forme complémentaire sur l'arbre. Ce mode de
réalisation présente l'avantage de rendre le montage sur l'arbre plus aisé dans la
mesure où il ne nécessite pas l'emploi d'un outil destiné à maintenir l'élément
tubulaire en place pendant le serrage, le but étant d'éviter de créer des contraintes
parasites dans la zone de friction. Par ailleurs il garantit le maintien de la torsion de
10 la structure même en cas d'élongation ou de rétrécissement de l'arbre car les dents
peuvent glisser dans les crabots dans le sens axial sans remettre en cause la torsion
radiale

L'antenne est avantageusement cylindrique et est par exemple montée sur un bord
15 du corps d'épreuve.

L'invention porte également sur l'arbre de turbomachine, comportant un dispositif de
mesure de sa déformation en torsion selon l'invention. L'arbre comporte par exemple
une bride radiale, le dispositif étant maintenu par une extrémité à l'arbre en étant en
20 appui axial contre la bride et comprenant éventuellement à son autre extrémité une
liaison à crabot.

L'invention porte également sur un système de mesure de couple pour arbre de
turbomachine comprenant un dispositif selon l'invention, un capteur apte à être fixé
25 sur une pièce statorique en regard du corps d'épreuve pour la mesure
magnétostrictive, une antenne fixe apte à recevoir les signaux de la jauge de
contrainte et une unité de traitement du signal.

L'invention porte également sur un procédé de calibration du système de mesure de
30 couple comprenant :

une première étape de calibration dudit dispositif, le dispositif étant monté sur
l'arbre mais hors moteur, par application de couples, notamment statiques, de
référence sur l'arbre avec le dispositif et en établissant une loi entre la contrainte
mesurée par ladite jauge de contrainte SAW et le couple réel appliqué,

une étape de montage de l'arbre avec le dispositif dans la turbomachine avec mise en place du système de mesure magnétostrictif,

éventuellement la calibration de la première étape est recalée le moteur étant arrêté, et

5 une étape d'établissement d'une loi de calibration entre le couple mesuré par effet magnétostrictif et le couple de référence donné par les jauges de contrainte SAW.

10 Une fois le système calibré les mesures sont effectuée par la seule voie magnétostrictive.

Présentation des figures.

15 L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

La figure 1 montre un schéma illustrant le principe de fonctionnement d'une jauge de contrainte à ondes acoustiques ;

20 La figure 2 montre un arbre de turbomachine équipé d'un dispositif de mesure conforme à l'invention, vu en perspective ;

La figure 3 montre la partie de l'arbre de la figure 2 avec le dispositif de mesure, vue en coupe transversale ;

25 La figure 4 est une représentation schématique du système de mesure de l'invention.

Description plus détaillée de l'invention

30 Les dispositifs à ondes acoustiques de surface sont utilisés pour réaliser des systèmes d'interrogation à distance.

Ils comprennent généralement un système d'interrogation comportant des moyens d'émission/réception d'ondes radiofréquence associés à une électronique de

traitement de données et au moins, une jauge à ondes acoustiques de surface. Voir la figure 1.

Le principe de fonctionnement est le suivant: le système d'interrogation envoie un signal d'interrogation vers la jauge SAW; la jauge SAW capte le signal d'interrogation, le convole avec sa réponse impulsionnelle propre et réémet un écho ainsi traité vers le système d'interrogation; le récepteur du système d'interrogation détecte, en dehors de la plage temporelle d'émission du signal d'interrogation, tout ou partie de l'écho de la jauge et l'électronique de traitement extrait l'information sur la déformation de la jauge.

Un dispositif SAW comprend par exemple comme indiqué sur la figure 1: un système d'interrogation 100; au moins, une jauge 110 comportant une antenne 111, un transducteur 113 à peigne d'électrodes interdigitées et une ligne à retard connecté à l'antenne. Le système d'interrogation 100 envoie une impulsion radiofréquence de faible largeur temporelle. L'antenne de la jauge capte le signal radiofréquence. Le transducteur transforme le signal radiofréquence en impulsion acoustique. Un ou plusieurs réflecteurs acoustiques réfléchissent l'impulsion en une pluralité d'échos. Le transducteur transforme cette série d'échos acoustiques en une impulsion radiofréquence réémise par l'antenne.

Ces dispositifs permettent de mesurer le couple transmis par l'arbre par l'excitation d'un élément piézoélectrique 115 fixé au corps d'épreuve, dont la fréquence de résonance dépend de la contrainte qui lui est appliquée. La fréquence de résonance est transmise à l'électronique fixe via une antenne tournante.

Le couple dans l'arbre induit une torsion du corps d'épreuve qui dépend de la combinaison des raideurs mécaniques de l'arbre et du corps d'épreuve. La torsion du corps d'épreuve induit une déformation de la jauge qui dépend de la raideur de la colle entre le corps d'épreuve et la jauge. La contrainte de la jauge est liée à déformation par l'intermédiaire de sa raideur, on la mesure en mesurant la variation de la fréquence de résonance.

La figure 2 montre en perspective un exemple d'arbre de transmission de puissance dans une turbomachine. L'arbre 1, ici, comprend une bride 2 à une extrémité et est relié à son autre extrémité, au moyen d'une liaison à bride 5, à un pignon 3 qui permet la connexion à un organe entraîné par l'arbre, par exemple un réducteur de vitesse. Afin de pouvoir connaître le couple transmis par l'arbre 1, il est connu de mesurer les contraintes de celui-ci. Cette mesure est effectuée, dans le cadre de l'invention, par un dispositif sans contact utilisant l'effet magnétostrictif, c'est-à-dire la variation de perméabilité magnétique d'un matériau ferromagnétique soumis ici à la contrainte. Le dispositif comprend ainsi un corps d'épreuve 7 magnétisé de forme tubulaire fixé sur l'arbre 1 par ses deux extrémités : il est d'un côté en appui axial contre la bride 5 et de l'autre retenu par un écrou.

Le couple dans l'arbre induit une torsion du corps d'épreuve qui dépend de la combinaison des raideurs mécaniques de l'arbre et du corps d'épreuve. La contrainte dans le corps d'épreuve est liée à sa torsion par l'intermédiaire de sa raideur, on la mesure en mesurant la déformation des lignes de champs.

Le dispositif fait partie d'un système de mesure représenté schématiquement sur la figure 4, comprenant outre le corps d'épreuve magnétisé 7, une ou plusieurs jauges SAW 20 montées sur la face interne du corps d'épreuve, et une ou plusieurs antennes 22 de forme annulaire et reliées aux jauges SAW. Une antenne fixe 18 est montée sur une pièce statorique autour du rotor, proche des antennes tournantes. Des capteurs 10 servant à la mesure magnétostrictive sont montés autour du rotor. Le système comprend une unité 12 de traitement des signaux issus de ces antennes et capteurs fixes.

Le montage est montré plus en détail sur la figure 3

Le corps d'épreuve magnétisé 7 est une pièce cylindrique composée de trois parties axiales avec un fut principal 70 magnétisé, un anneau 71 avec des crabots à une première extrémité axiale et d'un anneau d'appui 73 à son autre extrémité ; ce dernier présente éventuellement des dents de contact.

Il possède sur la face interne du fut 70 des méplats 75 permettant de fixer des jauges SAW 20.

Le fut 70 du corps d'épreuve 7 est réalisé dans un alliage ferromagnétique, notamment martensitique afin de pouvoir être magnétisé et servir à la mesure magnétostrictive. Il ne possède pas de lumière dans sa circonférence contrairement à la solution présentée dans la demande de brevet FR 1362037 citée plus haut. Il s'agit de conserver une uniformité azimutale du champ magnétique généré par l'arbre, ainsi que de garantir l'uniformité du champ de contrainte.

Cependant, il faut noter que l'antenne des jauges SAW est positionnée hors du corps d'épreuve en étant monté sur un bord de ce dernier de manière à ce qu'elle puisse communiquer avec l'unité de traitement des signaux. En effet le corps d'épreuve forme une cage de Faraday et empêcherait la réception des informations provenant des jauges SAW si l'antenne était placée à proximité de ces derniers.

Pour la mesure, la magnétisation du corps d'épreuve et non de l'arbre directement présente deux avantages : d'une part la composition de l'arbre n'est pas contrainte par les besoins du processus de magnétisation et d'autre part l'arbre n'a pas à subir le processus de magnétisation, ce qui facilite le schéma industriel de sa fabrication et de son montage sur moteur.

Le corps 7 est un tube de diamètre supérieur à celui de l'arbre 1 sur lequel il est monté, les deux étant concentriques. Il est agencé, selon le mode de réalisation illustré dans la présente demande, pour être solidarisé à l'arbre par friction. Dans ce but, il présente deux éléments de fixation constitués de deux portions de surface annulaires perpendiculaires à l'axe, respectivement amont la surface 71' de l'anneau 71 comportant les crabots et aval la surface 73' sur l'anneau 73, aptes à venir en contact avec des surfaces correspondantes sur l'arbre. Une première surface de contact 51 est formée d'une piste ménagée sur la bride 5 et la seconde surface de contact est celle d'un écrou 13, engagé sur l'arbre et sur lequel il est vissé.

Le corps 7 comprend des logements 75 de réception des jauges SAW 20, Ces logements 75 sont prévus de préférence sur la face interne du corps 7 de manière à

ce que la couche de liaison de jauges, une pellicule de colle notamment, ne soit soumise qu'à des efforts de compression pendant le fonctionnement de la machine et à éviter la séparation.

5 Le dispositif comprend une antenne 22 en forme de filament métallique collé sur ou moulé dans un matériau non conducteur de l'anneau 71. Il est essentiel que l'antenne soit électriquement isolée de l'arbre. Cette antenne est solidaire du diamètre externe de l'arbre 1 afin de communiquer par ondes électromagnétiques avec le système d'interrogation des jauges situé sur la partie statorique.

10

Dans la pratique l'antenne est installée sur le corps d'épreuve via une portée cylindrique ménagée sur l'anneau 71 de ce dernier et maintenue en place au moyen d'un anneau élastique par exemple. Elle est de préférence bloquée tangentiellement à l'aide d'un crabot ou assimilé. Les jauges sont situées sur le diamètre intérieur du fut magnétisé 70 du corps. L'antenne est donc équipée de connecteurs axiaux qui viennent en coïncidence de lumières axiales réalisées dans l'anneau 71.

15

Ces connecteurs permettent un raccord au réseau de jauges situés sur le diamètre intérieur du corps d'épreuve.

20

Le dispositif est monté de façon simple. Il suffit de le glisser le long de l'arbre jusqu'à ce qu'il vienne en appui par sa surface de contact 73 avec la surface d'appui 51 de la bride 5. Il est maintenu par un outil approprié dans cette position. L'écrou 13 est engagé ensuite sur l'arbre et est vissé de manière à ce que le corps 7 soit maintenu fermement sur l'arbre par la contrainte axiale imposée par l'écrou de serrage. L'outil peut alors être démonté. Un tel outil n'est pas nécessaire dans le cas où des dents et des crabots sont agencés à l'interface entre le corps d'épreuve et l'arbre.

25

La contrainte axiale crée une zone de friction entre le corps et la bride verticale flexible sur l'arbre. La friction est suffisamment forte pour assurer le maintien du corps sur l'arbre lors de sa torsion. De façon analogue, du côté de l'écrou, la friction de l'écrou sur le corps le rend solidaire de l'arbre.

30

Les efforts de friction engendrés par le serrage empêchent tout glissement en rotation du support.

5 Le couple dans l'arbre se traduit par une variation de la perméabilité magnétique du corps d'épreuve qui est captée en 10.

Conformément à l'invention le dispositif est calibré de la façon suivante.

10 La mesure avec jauges SAW est calibrée hors moteur, par application de couples statiques de référence, sous une température environnante connue et maîtrisée. Le but est d'établir une loi liant la variation de la fréquence de résonance des jauges de contrainte au couple réel appliqué à l'arbre et à la température. L'électronique associée au traitement des jauges SAW est de type « industriel », utilisé comme instrumentation, et non une électronique de type « moteur série » utilisable en vol.

15

L'ensemble est ensuite monté sur moteur, sans mise en fonctionnement de ce dernier. La loi de calibration établie hors moteur est éventuellement corrigée en fonction de la température pour des valeurs de mesure correspondant au couple nul. On dispose alors d'une loi de calibration très précise liant le couple réel et la réponse
20 fréquentielle des jauges sur moteur.

Ensuite, le moteur est mis en fonctionnement. On établit une loi de calibration entre couple mesuré par la mesure magnétostrictive et couple de référence donné par la mesure SAW précédemment calibrée.

25

Là encore, on se sert de l'électronique industrielle pour le traitement des jauges SAW et de l'électronique de régulation pour le traitement de la mesure magnétostrictive, plus simple à traiter.

30

Par la suite, le système de jauges SAW n'a plus à être utilisé, seul la mesure magnétostrictive reste active et utile à la régulation. L'électronique de traitement est déconnectée, le moteur reste donc avec son électronique de régulation et sa mesure magnétostrictive calibrée en conditions réelles.

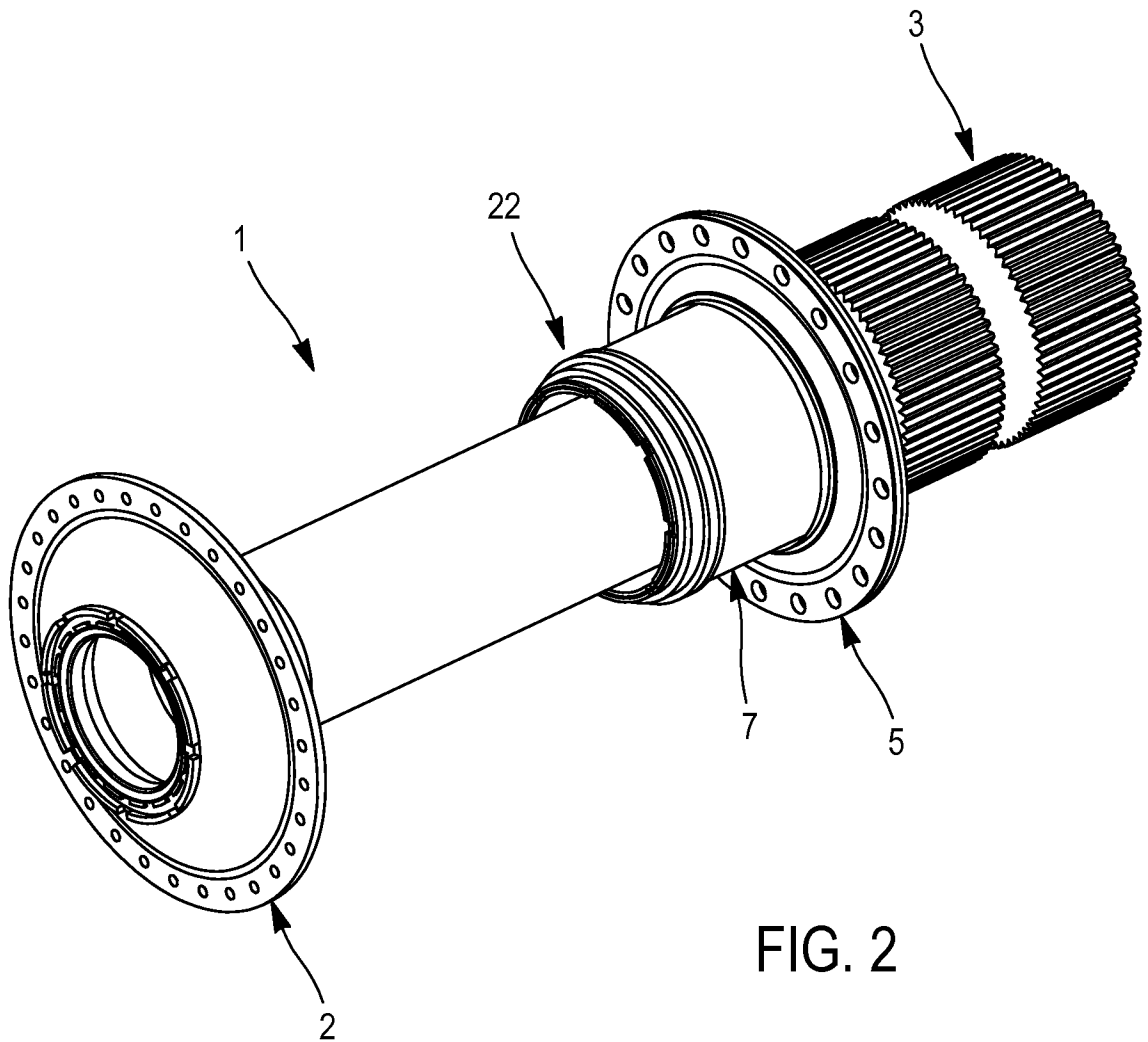
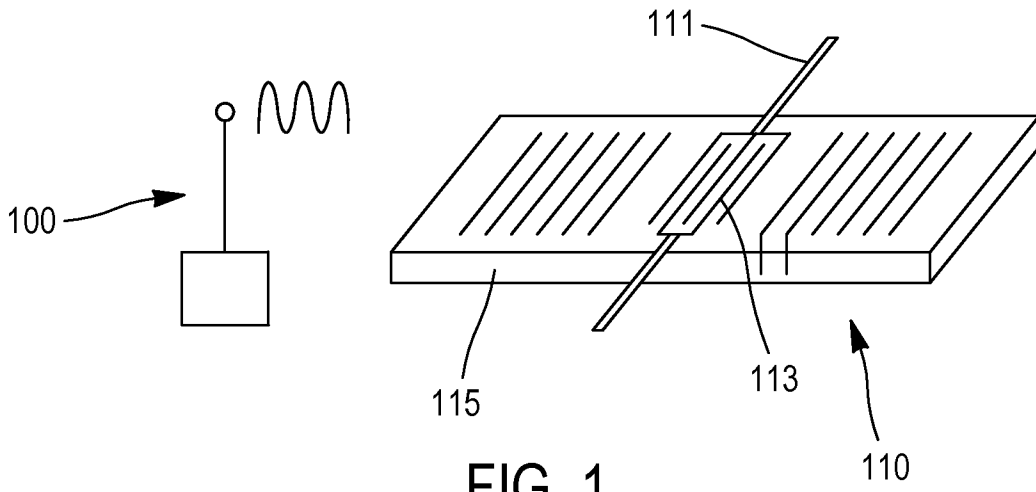
Les jauges restent sur moteur. Il est à noter que même en cas de détérioration des jauges, celles-ci sont confinées dans l'enceinte créée par le corps d'épreuve.

Revendications

5

1. Dispositif de mesure de couple pour arbre (1) de turbomachine comprenant un corps d'épreuve (7) apte à être monté sur l'arbre, caractérisé par le fait que le corps d'épreuve (7) forme support d'au moins une jauge (20) de contrainte à ondes acoustiques et est magnétisé de manière à permettre une mesure de couple par effet magnétostrictif.
- 10 2. Dispositif selon la revendication 1 dont le corps d'épreuve (7) est de forme tubulaire, ladite jauge (20) étant fixée à la paroi, notamment intérieure, de l'élément tubulaire et comprend une antenne (22) de transmission de signal reliée à la jauge, ledit élément tubulaire étant agencé pour être monté concentriquement sur ledit arbre et comprenant deux éléments (71 73) de fixation à l'arbre distants axialement l'un de l'autre.
- 15 3. Dispositif selon la revendication précédente dont au moins l'un des éléments de fixation est à friction (73).
- 20 4. Dispositif selon la revendication précédente dont au moins un élément de fixation par friction comprend une surface de contact perpendiculaire à l'axe de l'élément tubulaire.
- 25 5. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 4 dont au moins l'un des éléments de fixation comporte des dents agencées pour coopérer avec des dents de forme complémentaire sur l'arbre.
6. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 5 dont l'antenne est cylindrique.
7. Arbre de turbomachine, comportant un dispositif de mesure de sa déformation en torsion selon l'une des revendications 1 à 6.
- 30 8. Arbre rotatif selon la revendication précédente, comportant une bride radiale (5), le dispositif étant maintenu par une extrémité à l'arbre en étant en appui axial contre la bride et comprenant éventuellement à son autre extrémité une liaison à crabot.

9. Système de mesure de couple pour arbre de turbomachine comprenant un dispositif selon l'une des revendications précédentes, un capteur (10) apte à être fixé sur une pièce statorique en regard du corps d'épreuve pour la mesure magnétostrictive, une antenne fixe (18) apte à recevoir les signaux de la jauge de contrainte et une unité (12) de traitement du signal.
10. Procédé de calibration du système de mesure de couple comprenant une première étape de calibration dudit dispositif, le dispositif étant monté sur arbre mais hors moteur, par application de couples de référence sur l'arbre avec le dispositif et en établissant une loi entre la contrainte mesurée par ladite jauge de contrainte et le couple réel appliqué, une étape de montage de l'arbre avec le dispositif dans la turbomachine avec mise en place du système de mesure magnétostrictif, éventuellement la calibration de la première étape est recalée le moteur étant arrêté, et une étape d'établissement d'une loi de calibration entre le couple mesuré par effet magnétostrictif et le couple de référence donné par les jauges de contrainte.



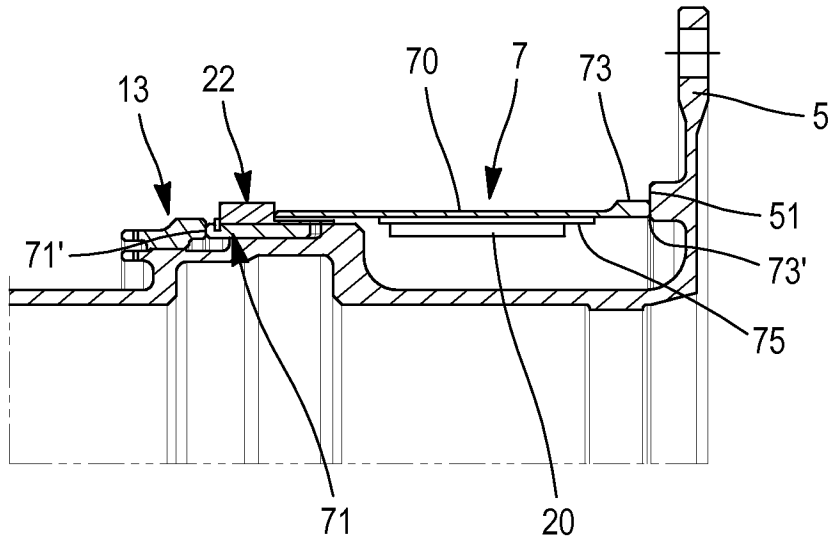


FIG. 3

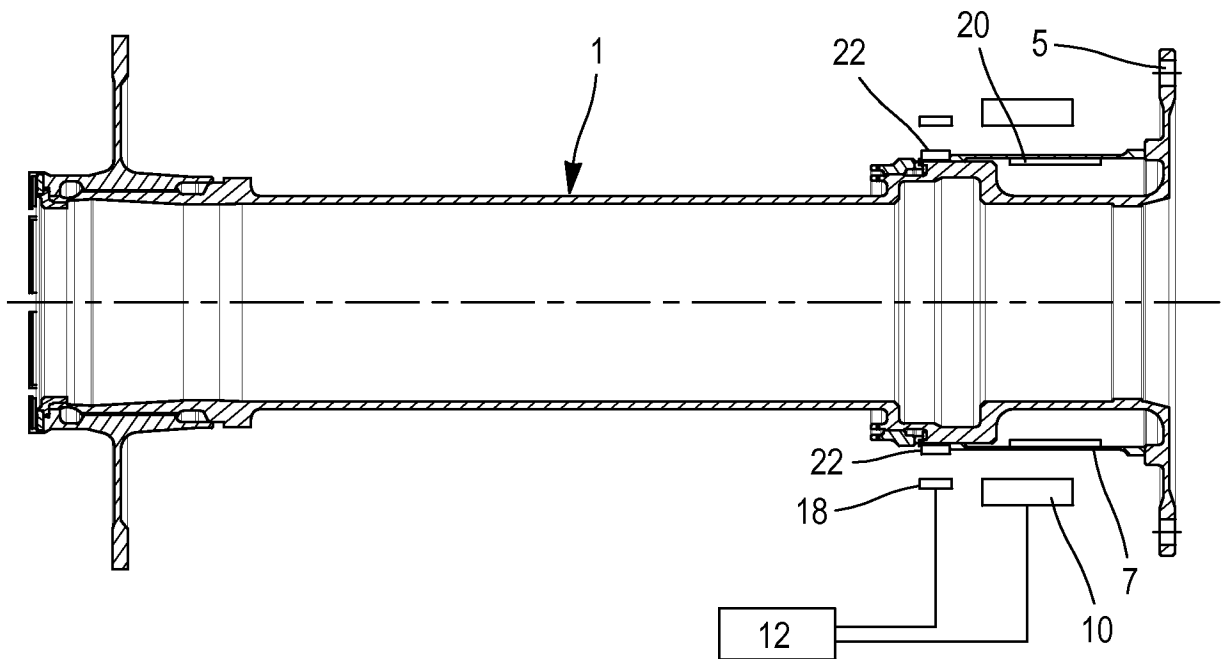


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2014/053138

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01L25/00 G01L1/16 G01L3/10
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)
G01L

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 practicable, 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.
Y	WO 96/26420 A1 (GARSHELIS IVAN J [US]) 29 August 1996 (1996-08-29)	1-9
A	page 1, line 14 - line 18 page 10, line 8 - line 12 page 16, line 15 - page 17, line 14 page 22, line 1 - line 4 page 24, line 16 - line 17 page 36, line 14 - line 20 page 53, line 10 - line 20 figure 1 figure 21 ----- -/--	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 application or patent 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 6 March 2015	Date of mailing of the international search report 28/04/2015
---	--

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 Kaiser, Jean-Luc
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2014/053138

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	SACHS T ET AL: "REMOTE SENSING USING QUARTZ SENSORS", PROCEEDINGS OF SPIE, S P I E - INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, US, vol. 2718, 30 May 1996 (1996-05-30), pages 47-58, XP000999013, ISSN: 0277-786X, DOI: 10.1117/12.240882	1-9
A	Section 4: Application figures 7, 8	10
A	----- US 5 351 555 A (GARSHELIS IVAN J [US]) 4 October 1994 (1994-10-04) column 16, line 15 - line 33 figures 11,12	1-10
A	----- US 4 078 186 A (FOLEN VINCENT J ET AL) 7 March 1978 (1978-03-07) abstract; figure 1 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2014/053138

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9626420	A1	29-08-1996	AT 192570 T 15-05-2000
			CA 2213657 A1 29-08-1996
			DE 69608100 D1 08-06-2000
			DE 69608100 T2 15-02-2001
			EP 0829001 A1 18-03-1998
			JP 2992351 B2 20-12-1999
			JP H10513267 A 15-12-1998
			US 5591925 A 07-01-1997
			US 5708216 A 13-01-1998
			WO 9626420 A1 29-08-1996

US 5351555	A	04-10-1994	CA 2073293 A1 30-01-1993
			DE 69222588 D1 13-11-1997
			DE 69222588 T2 20-05-1998
			EP 0525551 A2 03-02-1993
			JP 2566709 B2 25-12-1996
			JP H05196517 A 06-08-1993
			US 5351555 A 04-10-1994
			US 5465627 A 14-11-1995
			US 5706572 A 13-01-1998
			US 5887335 A 30-03-1999
US 2001029792 A1 18-10-2001			

US 4078186	A	07-03-1978	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2014/053138

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01L25/00 G01L1/16 G01L3/10 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) G01L				
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		
Y	WO 96/26420 A1 (GARSHELIS IVAN J [US]) 29 août 1996 (1996-08-29)	1-9		
A	page 1, ligne 14 - ligne 18 page 10, ligne 8 - ligne 12 page 16, ligne 15 - page 17, ligne 14 page 22, ligne 1 - ligne 4 page 24, ligne 16 - ligne 17 page 36, ligne 14 - ligne 20 page 53, ligne 10 - ligne 20 figure 1 figure 21 ----- -/--	10		
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe </td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> 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 <p style="text-align: center;">6 mars 2015</p>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale <p style="text-align: center;">28/04/2015</p>		
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 <p style="text-align: center;">Kaiser, Jean-Luc</p>		

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	SACHS T ET AL: "REMOTE SENSING USING QUARTZ SENSORS", PROCEEDINGS OF SPIE, S P I E - INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, US, vol. 2718, 30 mai 1996 (1996-05-30), pages 47-58, XP000999013, ISSN: 0277-786X, DOI: 10.1117/12.240882	1-9
A	Section 4: Application figures 7, 8	10
A	----- US 5 351 555 A (GARSHELIS IVAN J [US]) 4 octobre 1994 (1994-10-04) colonne 16, ligne 15 - ligne 33 figures 11,12	1-10
A	----- US 4 078 186 A (FOLEN VINCENT J ET AL) 7 mars 1978 (1978-03-07) abrégé; figure 1 -----	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2014/053138

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9626420	A1	29-08-1996	AT 192570 T 15-05-2000
			CA 2213657 A1 29-08-1996
			DE 69608100 D1 08-06-2000
			DE 69608100 T2 15-02-2001
			EP 0829001 A1 18-03-1998
			JP 2992351 B2 20-12-1999
			JP H10513267 A 15-12-1998
			US 5591925 A 07-01-1997
			US 5708216 A 13-01-1998
			WO 9626420 A1 29-08-1996
US 5351555	A	04-10-1994	CA 2073293 A1 30-01-1993
			DE 69222588 D1 13-11-1997
			DE 69222588 T2 20-05-1998
			EP 0525551 A2 03-02-1993
			JP 2566709 B2 25-12-1996
			JP H05196517 A 06-08-1993
			US 5351555 A 04-10-1994
			US 5465627 A 14-11-1995
			US 5706572 A 13-01-1998
			US 5887335 A 30-03-1999
US 2001029792 A1 18-10-2001			
US 4078186	A	07-03-1978	AUCUN