

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
29 novembre 2007 (29.11.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2007/135059 A1**

(51) Classification internationale des brevets :  
*G01N 25/72 (2006.01) G01K 1/14 (2006.01)*  
*G01N 21/88 (2006.01) H01L 27/146 (2006.01)*  
*G01K 7/00 (2006.01)*

Marie-Anne [FR/FR]; Lieu dit "Du bois grand", F-32600  
Monbrun (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2007/054762

(74) Mandataire : SCHMIT, Christian Norbert Marie; 111  
Cours du Médoc, F-33300 Bordeaux (FR).

(22) Date de dépôt international : 16 mai 2007 (16.05.2007)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, 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, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt : français  
(26) Langue de publication : français  
(30) Données relatives à la priorité :  
06 51902 24 mai 2006 (24.05.2006) FR

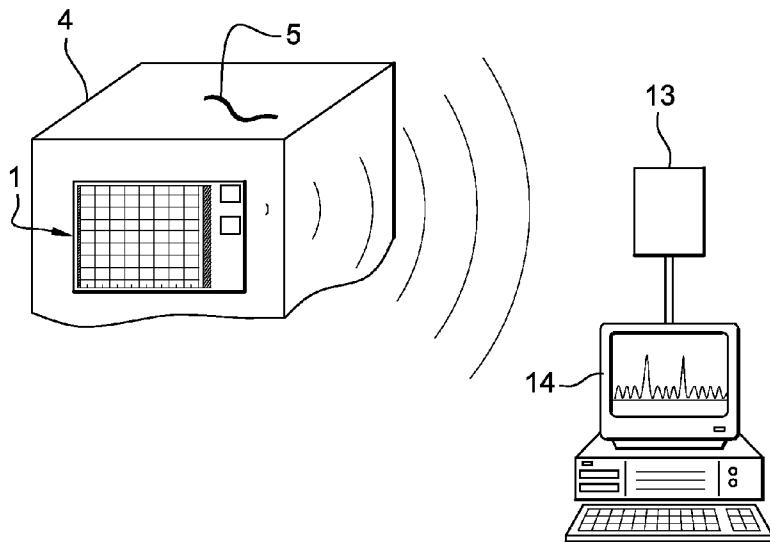
(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : AIR-BUS FRANCE [FR/FR]; 316, route de Bayonne, F-31060 Toulouse (FR).  
(72) Inventeur; et  
(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : DE SMET,

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

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE FOR NON-DESTRUCTIVE TESTING OF A COMPONENT BY ANALYZING RADIATION DISSIPATION

(54) Titre : DISPOSITIF DE CONTRÔLE NON DESTRUCTIF D'UNE PIÈCE PAR ANALYSE DE DISSIPATION DE RAYONNEMENT



(57) Abstract: The invention concerns a device for non-destructive testing of a component (4) by analyzing radiation dissipation when the component is stressed by mechanical stresses. Said device comprises measuring means for determining a surface radiation field of the component. The measuring means are integrated in a flexible housing (2) for covering a region of the surface of the component (4) to be tested. Said device enable an initial crack upon stress concentration on a surface of the component and the presence of a crack (5) upon propagation of said crack to be detected. The invention is useful for non-destructive testing of aircraft components, but may be used in all industrial sectors where testing the integrity of components is important, such as the automotive, railway, marine and nuclear industries.

[Suite sur la page suivante]

WO 2007/135059 A1



européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Déclaration en vertu de la règle 4.17 :**

- relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii))

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

---

**(57) Abrégé :** L'objet de l'invention concerne un dispositif de contrôle non destructif d'une pièce (4) par analyse de dissipation de rayonnement lorsque la pièce est sollicitée par des contraintes mécaniques. Ce dispositif comprend des moyens de mesure aptes à déterminer un champ de rayonnement de surface de la pièce. Les moyens de mesure sont intégrés dans un support souple (2) destiné à venir couvrir une zone de la surface de la pièce (4) à contrôler. Ce dispositif permet de détecter l'amorce d'une fissuration lors de la concentration de contrainte sur une surface d'une pièce et la présence d'une fissure (5) lors de la propagation de cette fissure. La présente invention trouve des applications pour le contrôle non destructif (CND) des pièces d'aéronef, mais peut être utilisée dans tous les secteurs industriels où le contrôle de l'intégrité des pièces est important, tels que l'automobile, le ferroviaire, la construction navale ou le nucléaire.

## DISPOSITIF DE CONTROLE NON DESTRUCTIF D'UNE PIECE PAR ANALYSE DE DISSIPATION DE RAYONNEMENT

La présente invention a pour objet un dispositif de contrôle non destructif d'une pièce par analyse de dissipation de rayonnement lorsque la pièce est sollicitée par des contraintes mécaniques. Ce dispositif comprend des moyens de mesure aptes à déterminer un champ de rayonnement de surface de la pièce. Les 5 moyens de mesure sont intégrés dans un support souple destiné à venir couvrir une zone de la surface de la pièce à contrôler. Ce dispositif permet de détecter l'amorce d'une fissuration lors de la concentration de contrainte sur une surface d'une pièce et la présence d'une fissure lors de la propagation de la fissure. La présente invention trouve des applications pour le contrôle non destructif (CND) 10 des pièces d'aéronef, mais peut être utilisée dans tous les secteurs industriels où le contrôle de l'intégrité des pièces travaillées est important, tels que l'automobile, le ferroviaire, la construction navale ou le nucléaire.

Dans le cadre de la conception et de la qualification, mais aussi de l'exploitation et de la maintenance des aéronefs, il est nécessaire d'utiliser des 15 méthodes de contrôle qui permettent d'évaluer les contraintes que subissent les pièces et de pouvoir déterminer si celles-ci sont endommagées par l'apparition de criques ou fissures sans endommager les pièces constituant la structure aéronautique. Les techniques utilisées sont regroupées sous la dénomination de contrôle non destructif (CND). Les techniques de CND sont nombreuses et en 20 constante évolution car les secteurs industriels concernés sont demandeurs d'un accroissement des performances de ces techniques de CND. Les secteurs du transport aérien et du génie civil sont toujours à la recherche de techniques CND

de plus en plus performantes pour remplir à la fois les impératifs de sécurité et une politique de réduction des coûts.

La présente invention a ainsi notamment pour but de détecter des fissures qui sont initiées dans des pièces soumises à des sollicitations mécaniques fortes 5 et cycliques dont la répétition conduit après un certain temps à une fissuration dite de fatigue et pouvant conduire à la rupture de la pièce.

Parmi les diverses techniques de CND de structures, on connaît la technique de thermographie Infrarouge stimulée pour détecter les défauts dans les structures aéronautiques en se basant sur la détection des barrières de 10 diffusion thermique que constituent les fissures. Cette technique consiste à chauffer rapidement la surface du matériau à contrôler par exemple au moyen d'une lampe flash et à observer le champ de rayonnement de surface au moyen par exemple d'une caméra Infrarouge. La présence d'un défaut ou d'une fissure se manifeste localement sur les images de thermographie par un retour 15 anormalement lent à la température ambiante dans une zone de la pièce.

La figure 1 représente schématiquement un dispositif relevant de cette technique. Le dispositif comprend un laser 16 qui irradie localement une zone A de la surface d'une pièce à contrôler 4 et un détecteur infrarouge 9 qui observe une zone B située à proximité de la zone A des élévations de température produit 20 par le chauffage de la zone A. Ces élévations sont influencées par les caractéristiques locales de la zone B et dans son voisinage du matériau inspecté. Notamment la présence d'une barrière thermique produite par une fissure 5 au sein 25 de la pièce 4 agit sur la diffusion de la chaleur au sein de la pièce par conduction thermique. Pour obtenir une cartographie du champ de température de la surface de la pièce 4, le dispositif comprend un système de balayage composé de miroirs orientables motorisés 17 pour guider le faisceau d'excitation incident 19 et le faisceau sonde 18.

Dans un dispositif tel que celui présenté sur la figure 1, un opérateur déplace de zone en zone pour examiner toute la surface de la structure à 30 contrôler. Il est par conséquent nécessaire d'immobiliser la structure qui est par exemple un avion au sol lors d'une inspection, et il doit faire appel à du personnel qualifié pour accomplir ces opérations de contrôle, entraînant un coût important de maintenance pour la compagnie aérienne. Des opérateurs formés et qualifiés

sont en effet nécessaires pour réaliser des contrôles de qualité et pour éviter des interprétations erronées de la thermographie obtenue.

De plus, ce dispositif ne permet pas de contrôler aisément les pièces sur une surface relativement étendue, car il faut que l'opérateur déplace de zone en zone le dispositif. Pour pouvoir contrôler certaines pièces de formes complexes ou des structures comportant des zones inaccessibles, il est nécessaire parfois de procéder à un démontage de la structure. Notamment les fissures qui sont initiées par exemple dans des alésages ou systèmes d'attaches ne peuvent être détectées que lorsqu'elles débouchent sur une surface directement accessible.

Il n'existe pas à ce jour des moyens de contrôle permettant de contrôler l'état des pièces par exemple des pièces aéronautiques tout au long de leurs périodes d'utilisation, en particulier pouvant effectuer un diagnostic global de santé des pièces aéronautiques pendant le vol de l'avion.

La présente invention vise à proposer un dispositif adapté à un tel contrôle qui permet de surveiller l'état de fatigue d'une pièce qui caractérise la conformité des structures par rapport aux cahiers des charges des différents stades de la vie de l'aéronef.

Les problèmes à résoudre pour un tel dispositif sont :

- de disposer d'un moyen de contrôle non destructif adapté pour être facilement fixé sur la surface des pièces à contrôler tout en restant de masse et d'encombrement négligeable et en ne nécessitant qu'une faible puissance électrique pour son fonctionnement, voir même s'autoalimenter.

- de disposer d'un moyen de contrôle adapté pour être installé en permanence sur les pièces à contrôler durant leur utilisation pour effectuer une maintenance prédictive en détectant les anomalies le plutôt possible, permettant ainsi de réaliser des réparations moins coûteuses et de garantir une sûreté maximale des pièces,

- de disposer d'un moyen de contrôle qui permet une gestion automatique des contrôles et de délivrer un diagnostic complet de la santé des pièces afin de réduire au maximum le travail de l'opérateur pour réduire le coût de maintenance.

A cet effet, l'invention concerne un dispositif de contrôle non destructif en temps réel d'une pièce par analyse de dissipation de rayonnement thermique,

rayons X ou rayons gamma émis par la surface de la pièce lorsqu'elle est sollicitée par des contraintes mécaniques

Selon l'invention, le dispositif comprend des moyens de mesure aptes à déterminer un champ de rayonnement de surface de la pièce, lesdits moyens de mesure étant intégrés dans un support destiné à venir couvrir une surface de ladite pièce.

Avantageusement ledit support est un support souple afin de venir épouser la forme de la pièce.

Lesdits moyens de mesure ont une sensibilité adaptée pour déterminer un champ d'élévation d'intensité de rayonnement provoqué par des défauts présents dans la pièce.

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, les moyens de mesure comprennent un réseau de microcapteurs de rayonnement organisé en matrice lignes colonnes. Pour transformer le rayonnement reçu par les microcapteurs en signal électrique, chaque microcapteur comporte une cellule apte à transformer le rayonnement reçu en charges électriques, ladite cellule étant couplée à un dispositif de transfert de charges électriques pour recueillir les charges électriques.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, les moyens de détection et de mesure comprennent une membrane de cristaux liquides thermosensibles, et un réseau de microcapteurs optoélectroniques superposé à ladite membrane de cristaux liquides thermosensibles. Le réseau de microcapteurs optoélectroniques est organisé en matrice lignes colonnes. Chaque microcapteur optoélectronique comporte une cellule photosensible pour transformer des signaux optiques envoyés par la membrane en signaux électriques, ladite cellule étant couplée à un dispositif de transfert de charge pour recueillir les signaux électriques.

Selon une forme de réalisation de l'invention, le dispositif de contrôle comprend en outre une électronique d'interface reliant lesdits moyens de mesure et de détection à une mémoire d'enregistrement, ladite électronique et ladite mémoire sont intégrés dans ledit support souple de manière à réaliser avantageusement un dispositif de contrôle monolithique.

Avantageusement le dispositif de contrôle comprend un système calculateur tel qu'un système à microprocesseur pour déterminer de manière automatique un champ d'élévation de niveau d'énergie de rayonnement de surface de la pièce.

5 Selon une forme de réalisation de l'invention, le système calculateur n'étant pas intégré dans le support souple, ledit dispositif de contrôle comporte des moyens d'émission pour envoyer des signaux électriques enregistrés dans la mémoire d'enregistrement vers ledit système calculateur en utilisant une liaison filaire, sans fil, radio ou infrarouge.

10 Selon une autre forme de réalisation de l'invention, ledit système calculateur est intégré dans ledit support souple et est connecté entre ladite interface et ladite mémoire d'enregistrement.

Selon une forme de réalisation du système calculateur, il comprend une mémoire contenant au moins une représentation cartographique du champ de 15 rayonnement de surface de référence de la pièce ou des pièces, des moyens de calcul convertissant les signaux électriques reçus par ledit système calculateur en champ de rayonnement, et des moyens d'analyse dudit champ de rayonnement par rapport au champ de rayonnement de référence.

Les moyens d'analyse comprennent des moyens d'analyse différentielle 20 pour déterminer un champ de rayonnement différentiel entre le champ de rayonnement de référence et le champ de rayonnement mesuré.

Avantageusement lesdits moyens d'analyse différentielle comportent des moyens pour générer un signal d'état S caractéristique du fait que ledit champ de rayonnement différentiel dépasse une valeur seuil.

25 Les moyens d'analyse comportent des moyens d'analyse spectrale pour déterminer des informations relatives aux défauts présents dans la pièce.

Avantageusement le signal d'état S et les informations sont soit transmis par ledit système calculateur vers des moyens d'alarme, soit enregistrés dans ladite mémoire d'enregistrement relié audit système calculateur, puis transmis 30 vers des moyens d'alarme en utilisant une liaison filaire, sans fil, radio ou infrarouge.

Les moyens d'alarme comportent par exemple des moyens d'affichage et des indicateurs lumineux ou sonores.

Dans une autre forme de réalisation de l'invention, lesdits microcapteurs sont directement intégrés dans une couche de revêtement destinée à venir couvrir une surface de la pièce à contrôler.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris 5 à la lecture de la description qui va suivre en référence aux dessins qui représentent :

en figure 1 : une représentation schématique d'un dispositif de thermographie selon l'art antérieur,

en figure 2 : une représentation schématique d'une vue en coupe d'un 10 dispositif selon un mode de réalisation de l'invention,

en figure 3 : une représentation schématique d'une vue en coupe d'un dispositif selon un autre mode de réalisation de l'invention,

en figure 4 : une représentation schématique d'une vue en coupe partielle du dessus du dispositif de contrôle,

15 en figure 5 : une représentation schématique du dispositif de contrôle de la figure 4 en position opérationnelle de transmission de signaux électriques vers un système calculateur disposé à distance,

en figure 6 : une vue schématique d'un réseau de dispositifs de contrôle disposés sur la surface des structures d'un avion au sol en position de 20 transmission de signaux enregistrés au cours du vol de l'avion.

On distingue trois phases lors de la rupture d'une pièce. Dans un premier temps, des défauts se forment de façon diffuse dans les zones les plus sollicitées, par des contraintes mécaniques ou des déformations appliquées sur la pièce.

25 Dans un deuxième temps, ces défauts évoluent ou coalescent et une fissure macroscopique apparaît, qui se propage dans un troisième temps jusqu'à conduire à la rupture de la pièce. Ces trois phases sont accompagnées d'une dissipation thermique. L'énergie thermique dissipée est proportionnelle à la concentration de la contrainte. La dissipation thermique est plus importante dans 30 les zones les plus sollicitées mécaniquement. Par ailleurs, lorsque le matériau se fissure, l'amorce de la fissuration est localisée par une élévation de température localisée. Les fronts des fissures constituent donc des points chauds. En établissant une cartographie d'un champ de température de surface d'une pièce

et en mettant en œuvre des moyens d'analyse adaptés, on peut localiser les zones où il y une élévation de température représentative de l'énergie thermique dissipée.

Les figures 2 et 3 représentent deux modes de réalisation d'un dispositif de contrôle 1 non destructif en temps réel d'une pièce par analyse de dissipation de rayonnement lorsqu'elle est sollicitée par des contraintes mécaniques. Il comprend des moyens de mesure aptes à déterminer un champ de rayonnement de surface de la pièce, lesdits moyens sont intégrés dans un support souple 2. Ce support souple 2 est par exemple réalisé dans un matériau plastique, permettant de fixer le dispositif de contrôle 1 sur la surface de la pièce à contrôler en épousant la forme de la pièce. Le support souple du dispositif de contrôle 1 est fixé sur la surface de la structure à contrôler au moyen d'un matériau adhésif. De préférence ce dispositif est réalisé dans une dimension limitée adaptée pour être fixé sur une zone critique de la pièce où les fissures sont susceptibles d'apparaître. Sur un avion, le dispositif peut être disposé sur des zones considérées critiques qui se situent par exemple au niveau des éléments d'attaches, au niveau des éléments d'assemblage des panneaux et des zones à forte concentration de contraintes.

De manière générale, le type de rayonnement dissipé par la pièce peut être infrarouge, rayons X ou rayons gamma.

Avantageusement le dispositif de contrôle 1 est adapté pour recevoir une couche superficielle 8 qui peut être par exemple une couche de peinture qui vient se superposer au dispositif de contrôle 1.

En figure 2 est représenté un premier mode de réalisation des moyens de mesure comprenant un réseau de microcapteurs de rayonnement 3 qui sont intégrés dans un support souple 2 fixé sur la surface d'une pièce à contrôler 4. Chaque microcapteur de rayonnement 3 est apte à transformer le flux de rayonnement qui peut être infrarouge ou du rayonnement X ou gamma émis par la pièce 4 en signaux électriques au moyen d'une cellule qui convertit l'énergie de rayonnement en charge électrique. Chaque cellule est couplée à un dispositif de transfert de charge qui a pour fonction d'évacuer la charge électrique. Un signal électrique représentatif de l'énergie de rayonnement reçu par la cellule est donc généré par la charge.

En figure 3 est représenté un deuxième mode de réalisation des moyens de mesure comprenant une membrane de cristaux liquides thermosensibles 7, et un réseau de microcapteurs optoélectroniques 6 superposé à la membrane de cristaux liquides thermosensibles 7. La membrane de cristaux liquides thermosensibles est constituée de cristaux liquides insérés entre deux surfaces plastiques. La structure de ces cristaux liquides se modifie en fonction de l'énergie thermique reçue, ceci se traduit par une variation de la composition spectrale des ondes réfléchies par les différents plans des cristaux liquides, conduisant par conséquent à un changement de coloration en surface de la membrane des cristaux liquides 7.

Pour détecter ce changement de coloration en fonction du niveau d'énergie de rayonnement, on superpose à cette membrane un réseau de microcapteurs optoélectroniques. Chaque microcapteur optoélectroniques est apte à transformer les rayonnements lumineux émis par la membrane de cristaux liquides en charges électriques au moyen d'une cellule photosensible qui convertit l'énergie lumineuse en charge électrique. Chaque cellule est couplée à un dispositif de transfert de charge qui a pour fonction d'évacuer la charge électrique. Un signal électrique représentatif de l'énergie lumineuse reçue par la cellule photosensible est donc généré par la charge.

La figure 4 représente schématiquement une vue du dessus du dispositif de contrôle selon les modes de réalisation présentés précédemment. Selon une forme de réalisation particulier de l'invention, le dispositif a une forme sensiblement rectangulaire comportant ici par exemple à titre illustratif un réseau de 56 microcapteurs de rayonnement ou optoélectroniques organisés en matrice lignes colonnes. Le dispositif de contrôle comprend en plus une électronique d'interface 10 reliant le réseau de microcapteurs 3, 6 à une mémoire d'enregistrement 11. L'électronique 10 et la mémoire 11 sont également intégrées dans le support souple 2 de manière à réaliser avantageusement un dispositif de contrôle monolithique.

Les charges électriques recueillies par les dispositifs de transfert de charge de chaque microcapteur sont transmises vers l'électronique d'interface 10 qui comporte par exemple un amplificateur pour augmenter la puissance du signal afin d'améliorer le rapport signal sur bruit et également un convertisseur

numérique/analogique pour convertir les signaux électriques analogiques reçus en signaux numériques.

Les signaux amplifiés sont ensuite acheminés vers la mémoire d'enregistrement 11. L'électronique d'interface 10 est disposée à l'extrémité des 5 lignes de microcapteurs sur la figure 4. Dans une autre forme de réalisation, l'électronique d'interface 10 peut être disposée à l'extrémité des colonnes de microcapteurs.

L'organisation des microcapteurs en matrice lignes colonnes permet d'obtenir une cartographie du champ de rayonnement de sorte qu'un défaut de la 10 pièce peut être localisé à la surface de la pièce.

Afin de localiser précisément les défauts, le pas entre microcapteurs est fixé de préférence à une valeur inférieure aux dimensions des défauts minimum à détecter de sorte que la discrimination de la position des défauts soit possible et de sorte qu'en cas d'endommagement localisé du réseau de microcapteurs, les 15 microcapteurs situés autour de la zone endommagée du réseau puissent toujours permettre de réaliser une surveillance des zones au plus près du défaut susceptible d'apparaître dans la zone surveillée.

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, le mode de transfert des signaux électriques issus des microcapteurs 3, 6 vers l'électronique 20 d'interface 10 est un mode de transfert à interlignes. Au dessus de chaque ligne de microcapteurs est disposée une ligne de stockage 23. Les signaux sont temporairement stockés dans cette ligne de stockage 23. Le contenu des lignes de stockage est ensuite transféré vers l'électronique d'interface 10 selon un mode en parallèle. Ensuite les signaux électriques sont évacués en série vers une 25 mémoire d'enregistrement 11.

Dans une variante du mode de transfert des signaux électriques, chaque microcapteur est adressé directement pour envoyer les signaux électriques à l'électronique d'interface 10.

Afin de traiter de manière automatique les signaux électriques mesurés par 30 les microcapteurs, le dispositif de contrôle comprend de plus un système calculateur 13 pour convertir le signal électrique en signal représentatif de l'énergie de rayonnement dissipée par la surface de la pièce et pour déterminer

un champ de rayonnement de la pièce. Le système calculateur est par exemple un système à microprocesseur.

Dans un mode préféré de réalisation de l'invention représenté sur la figure 4, le système calculateur n'étant pas intégré dans le support souple 2, le dispositif 5 comporte des moyens d'émission 12 pour envoyer les signaux électriques enregistrés dans la mémoire d'enregistrement 11 vers le système calculateur 13 en utilisant une liaison sans fil, radio ou infrarouge. Ces moyens d'émission comportent par exemple un transpondeur intégré dans le support souple qui fonctionne de préférence à une fréquence fixée, ladite fréquence étant choisie de 10 sorte que l'émission des signaux électriques représentatifs de la dissipation de l'énergie du rayonnement de surface de la pièce n'interfère pas avec l'émission des autres données par des dispositifs autre que le dispositif de contrôle 1.

Les moyens d'émission 12 pour envoyer les signaux électriques enregistrés dans la mémoire 11 vers le système calculateur 13 peuvent être 15 également une liaison filaire.

Le signal électrique reçu par le système calculateur 13 est converti en signal représentatif de l'énergie du rayonnement dissipée par la surface de la pièce grâce à des moyens de calcul dans lequel est intégré un modèle théorique adapté reliant l'énergie à la charge électrique. Ces moyens de calcul génèrent 20 des cartographies du champ de rayonnement qui peuvent être une cartographie de l'amplitude et de la phase, et une cartographie en représentation spectrale. Ces données représentatives de l'énergie dissipée par la pièce sont ensuite envoyées vers des moyens d'analyse.

Les moyens d'analyse comportent des moyens d'analyse différentielle pour 25 effectuer une étude comparative en amplitude entre le champ de rayonnement mesuré par le réseau de microcapteurs et le champ de rayonnement de référence. Avantageusement ces moyens d'analyse différentielle permettent d'établir une cartographie d'un champ d'élévation de niveau d'énergie de rayonnement de surface de la pièce. Pour cela le système calculateur comporte 30 une mémoire dans laquelle est enregistrée une base de donnée de cartographies de champ de rayonnement de référence de la pièce. Ces cartographies de référence constituent un modèle de comparaison prédéfini par rapport au comportement de la zone couverte par le dispositif de contrôle. Ces cartographies

de référence peuvent être prédéterminées sur une pièce de référence. On entend par pièce de référence, une pièce jugée ne comportant pas de défaut, par exemple une pièce à la sortie de sa ligne de fabrication et ayant réussi toutes les étapes de qualification. Elles peuvent être également prédéterminée par une 5 modélisation. Lorsque les moyens d'analyse effectuent une comparaison en amplitude entre le champ de rayonnement de référence et le champ de rayonnement mesuré par les microcapteurs, si la valeur différentielle déterminée entre le champ de référence et le champ mesuré dépasse une valeur seuil, un signal d'état S est généré par les moyens d'analyse.

10 Avantageusement les moyens d'analyse comportent des moyens d'analyse spectrale qui déterminent une représentation spectrale de champ de rayonnement mesuré pour déterminer des informations relatives aux défauts présents dans la pièce. Notamment l'analyse spectrale permet de déterminer la nature du défaut et sa dimension.

15 Dans le cadre d'un contrôle en temps réel des structures, le dispositif de contrôle est par exemple programmé pour être activé lorsque l'avion n'est plus au sol et il effectue ensuite des mesures à intervalles de temps réguliers, par exemple tous les 5 minutes pendant une période déterminée de manière à réaliser des mesures en fonction du temps. Ainsi le dispositif de contrôle permet 20 une cartographie de la zone surveillée en fonction du temps pour établir l'évolution du champ de rayonnement émis par la pièce.

Les mesures en fonction du temps permettent notamment d'effectuer une analyse de l'évolution temporelle du contraste de niveau d'énergie à partir duquel on peut identifier la profondeur du défaut qui a donné naissance à ce contraste.

25 Le signal d'état ainsi que toutes les informations relatives aux défaut telles que la nature des défauts, la dimension des défauts et la localisation des défauts sont transmis par le système calculateur vers des moyens d'alarme 14 qui comportent par exemple un écran d'affichage 22 pour afficher les informations et des indicateurs lumineux et/ou sonores 20 pour avertir l'opérateur de 30 maintenance.

Un exemple de mode de transmission des signaux est illustré sur la figure 6 qui représente une vue schématique d'un réseau de dispositifs de contrôle 1 disposés sur la surface des structures d'un avion 15. L'avion est au sol et le

réseau de dispositifs de contrôle 1 est en position de transmission de signaux enregistrés au cours du vol de l'avion vers un système calculateur 13 qui est relié à des moyens d'alarme 14 qui comportent ici par exemple un ordinateur avec un écran d'affichage 22 et des indicateurs sonores 20.

5 Avantageusement, le système calculateur envoie le champ d'élévation de niveau d'énergie de rayonnement de la pièce inspectée vers les moyens d'affichage sous la forme d'une image codifiée par des couleurs permettant ainsi à l'opérateur de localiser rapidement les zones d'élévation de niveau d'énergie de rayonnement susceptibles de révéler la présence des défauts.

10 La transmission des signaux électriques enregistrés dans la mémoire 11 vers le système calculateur peut être programmée de manière à ce qu'elle soit effectuée automatiquement à la fin d'un vol de l'avion par exemple. Cette transmission peut aussi être activée manuellement par l'opérateur de maintenance en interrogeant le dispositif de contrôle lors de l'inspection de  
15 l'avion.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, le système calculateur 13 est intégré directement dans le support souple 2 et connecté entre l'électronique d'interface 10 et la mémoire d'enregistrement 11. Dans ce mode de réalisation, le système calculateur 13 reçoit directement des signaux électriques de  
20 l'électronique d'interface 10 et envoie vers la mémoire d'enregistrement 11 seulement le signal d'état et les informations relatives aux défauts. Lors d'une inspection, en interrogeant le dispositif, l'opérateur décharge le signal d'état et les informations enregistrés dans la mémoire du dispositif de contrôle vers des moyens d'alarme 14 en utilisant une liaison filaire, sans fil, radio ou infrarouge.

25 Tous les composants intégrés dans le support souple sont réalisés à partir d'une technologie de microfabrication sur un substrat dur transposée ici sur un substrat souple tel qu'un substrat plastique. Cependant la température utilisée au cours du processus de microfrabriication est susceptible de détruire le substrat plastique. Une des solutions proposée actuellement consiste d'abord à réaliser  
30 les composants sur un substrat dur déposé lui-même sur du verre. Le substrat dur est par exemple du silicium, de l'alumine  $Al_2O_3$ . Une autre couche de verre servant de protection vient se fixer sur les composants au moyen d'un adhésif soluble, le substrat dur est ensuite retiré de l'empilement par ablation au moyen

d'un laser. Les composants sont appliqués sur un substrat plastique et fixés à ce dernier au moyen d'un adhésif permanent et le verre de protection est retiré.

Dans une forme particulière de réalisation de l'invention, le dispositif de contrôle se présente sous la forme d'un film mince ayant une épaisseur de l'ordre 5 de 50 µm, et une surface de 10x10 cm de côté qui intègre des microcapteur de dimension de l'ordre de centaine de micron, avec un pas de l'ordre de dizaine de micron.

L'invention a été présentée dans le cadre du contrôle des structures d'aéronefs, mais peut être utilisée dans tous les secteurs industriels où le contrôle 10 de l'intégrité des pièces travaillées est important tels que l'automobile, le ferroviaire, la construction navale ou le nucléaire.

REVENDEICATIONS

1 Dispositif de contrôle non destructif d'une pièce (4) par analyse de dissipation de rayonnement lorsque la pièce est sollicitée par des contraintes mécaniques, caractérisé en ce que ledit dispositif (1) comprend des moyens de mesure aptes à déterminer un champ de rayonnement de surface de ladite pièce, lesdits moyens de mesure étant intégrés dans un support souple (2) destiné à venir couvrir une surface de ladite pièce à contrôler en épousant la forme de la pièce.

2 Dispositif de contrôle selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens de mesure ont une sensibilité adaptée pour déterminer des variations de niveau d'énergie de rayonnement susceptibles de révéler la présence des défauts à la surface de ladite pièce.

3 Dispositif de contrôle selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que lesdits moyens de mesure comprennent un réseau de microcapteurs de rayonnement (3).

4 Dispositif de contrôle selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit réseau de microcapteurs de rayonnement (3) est organisé en matrice lignes colonnes.

5 Dispositif de contrôle selon les revendications 3 et 4, caractérisé en ce que chaque microcapteur de rayonnement (3) comporte une cellule apte à transformer le rayonnement émis par la surface de ladite pièce en charges électriques, ladite cellule étant couplée à un dispositif de transfert de charges électriques pour recueillir les charges électriques.

6 Dispositif de contrôle selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que lesdits moyens de mesure comprennent une membrane de cristaux liquides thermosensibles (7), et un réseau de microcapteurs optoélectroniques (6) superposé à ladite membrane de cristaux liquides thermosensibles (7).

7 Dispositif de contrôle selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit réseau de microcapteurs optoélectroniques (7) est organisé en matrice lignes colonnes.

8 Dispositif de contrôle selon la revendication 7, caractérisé en ce que chaque microcapteurs optoélectroniques (6) comporte une cellule photosensible

pour transformer des signaux optiques en signaux électriques, ladite cellule étant couplée à un dispositif de transfert de charge pour recueillir les signaux électriques.

9 - Dispositif de contrôle selon l'une des revendications précédentes,  
5 caractérisé en ce qu'en outre ledit dispositif comprend une électronique d'interface (10) reliant lesdits moyens de mesure et de détection à une mémoire d'enregistrement (11).

10 - Dispositif de contrôle selon la revendication 9, caractérisé en ce que  
laite électronique d'interface (10) et laite mémoire (11) sont intégrées dans ledit  
10 support souple (2) de manière à réaliser un dispositif de contrôle monolithique (1).

11 - Dispositif de contrôle selon les revendications 3 et 9, caractérisé en  
ce que ladite électronique d'interface (10) est disposée à l'extrémité des lignes de  
microcapteurs de rayonnement ou à l'extrémité des colonnes de microcapteurs de  
rayonnement.

15 12 - Dispositif de contrôle selon les revendications 6 et 9, caractérisé en  
ce que ladite électronique d'interface (10) est disposée à l'extrémité des lignes de  
microcapteurs optoélectroniques ou à l'extrémité des colonnes de microcapteurs  
optoélectroniques.

13 - Dispositif de contrôle selon les revendications 1 à 12, caractérisé en  
20 ce que ledit dispositif de contrôle (1) comprend un système calculateur (13) tel  
qu'un système à microprocesseur.

14 - Dispositif de contrôle selon la revendication 13, caractérisé en ce  
que ledit système calculateur (13) n'étant pas intégré dans le support souple (2),  
ledit dispositif de contrôle comporte des moyens d'émission pour envoyer des  
25 signaux électriques enregistrés dans la mémoire d'enregistrement (11) vers ledit  
système calculateur (13) en utilisant une liaison filaire, sans fil, radio ou  
infrarouge.

15 - Dispositif de contrôle selon la revendication 14, caractérisé en ce  
que ledit système calculateur (13) est intégré dans ledit support souple (2) et est  
30 connecté entre ladite électroniques d'interface (10) et ladite mémoire  
d'enregistrement (11).

16 - Dispositif de contrôle selon l'une des revendications précédentes,  
caractérisé en ce que ledit système calculateur (13) comprend une mémoire

contenant au moins une cartographie du champ de rayonnement de référence de la pièce ou des pièces, des moyens de calcul convertissant les signaux électriques reçus par ledit système calculateur en champ de rayonnement, et des moyens d'analyse dudit champ de rayonnement par rapport au champ de 5 rayonnement de référence.

17 - Dispositif de contrôle selon la revendication 16, caractérisé en ce que ladite au moins une cartographie du champ de rayonnement de référence est prédéterminée sur une pièce référence.

18 - Dispositif de contrôle selon la revendication 15, caractérisé en ce 10 que ladite au moins une cartographie du champ de rayonnement de référence est prédéterminée par une modélisation.

19 - Dispositif de contrôle selon les revendications 16 à 17, caractérisé en ce que lesdits moyens d'analyse comprennent des moyens d'analyse différentielle pour déterminer ledit champ d'élévation de niveau de rayonnement 15 de la pièce.

20 - Dispositif de contrôle selon la revendication 19, caractérisé en ce que lesdits moyens d'analyse différentielle comportent des moyens pour générer un signal d'état S lorsque ledit champ d'élévation dépasse une valeur seuil.

21 - Dispositif de contrôle selon les revendications 16 à 17, caractérisé 20 en ce que lesdits moyens d'analyse comportent des moyens d'analyse spectrale pour déterminer des informations relatives aux défauts présents dans la pièce.

22 - Dispositif de contrôle selon les revendications 14, 16 à 21, caractérisé en ce que ledit signal d'état S et lesdits informations sont transmis par ledit système calculateur vers des moyens d'alarme (14).

25 23 - Dispositif de contrôle selon les revendications 15 à 21, caractérisé en ce que ledit signal d'état S et lesdits informations sont enregistrés dans ladite mémoire d'enregistrement (11) relié audit système calculateur (13), puis transmis vers des moyens d'alarme (14) en utilisant une liaison filaire, sans fil, radio ou infrarouge.

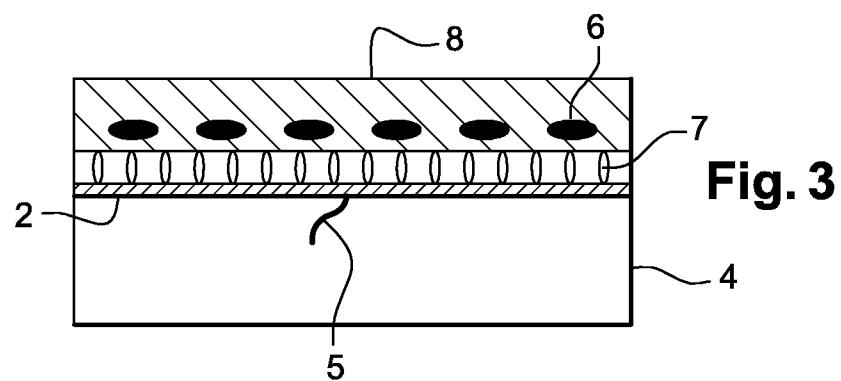
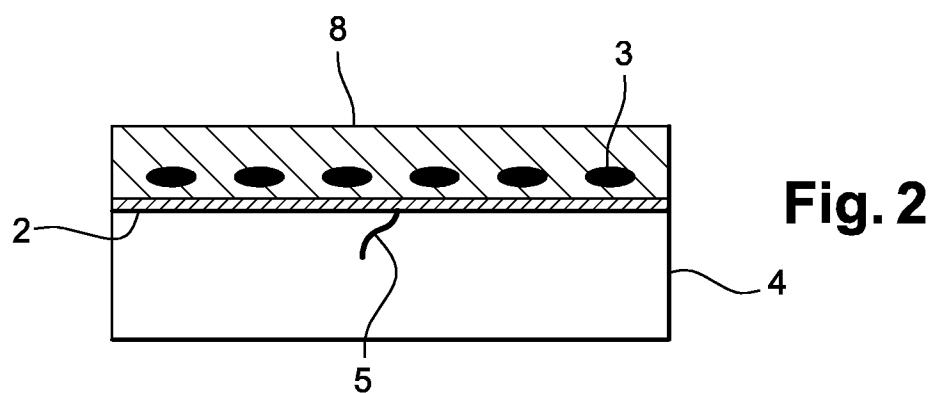
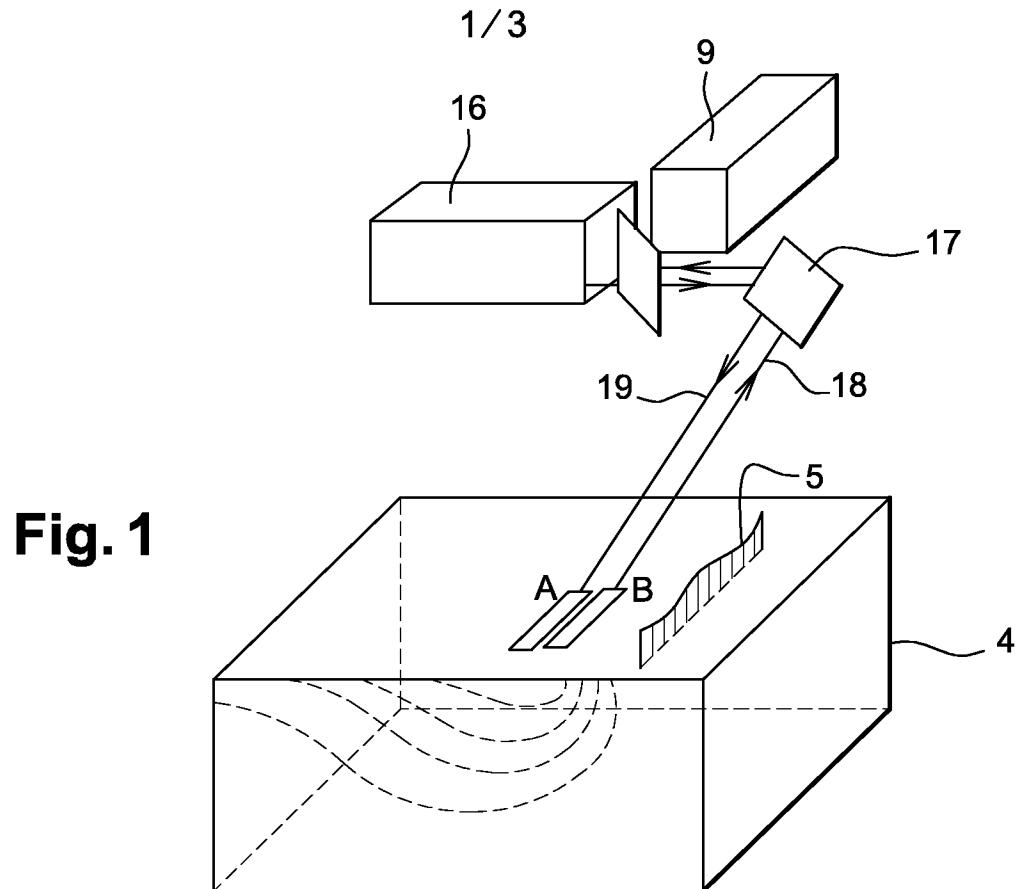
30 24- Dispositif de contrôle selon la revendication 22 ou 23, caractérisé en ce que lesdits moyens d'alarme (14) comportent des moyens d'affichage (22) et des indicateurs lumineux ou sonores (20).

25 - Dispositif de contrôle selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits microcapteurs de rayonnement (3) ou les microcapteurs optoélectroniques (6) sont de dimension de l'ordre de centaine de micron.

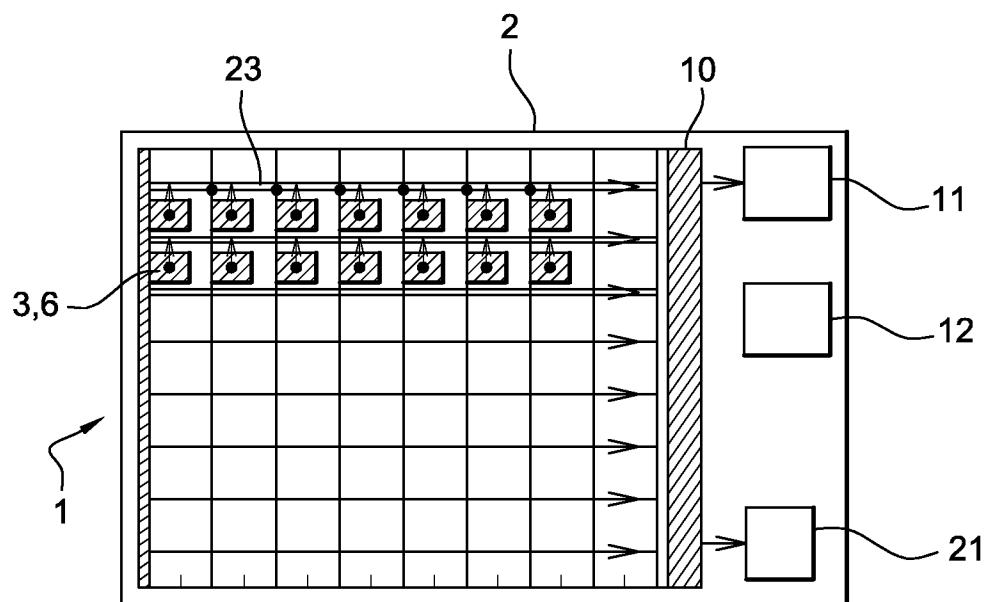
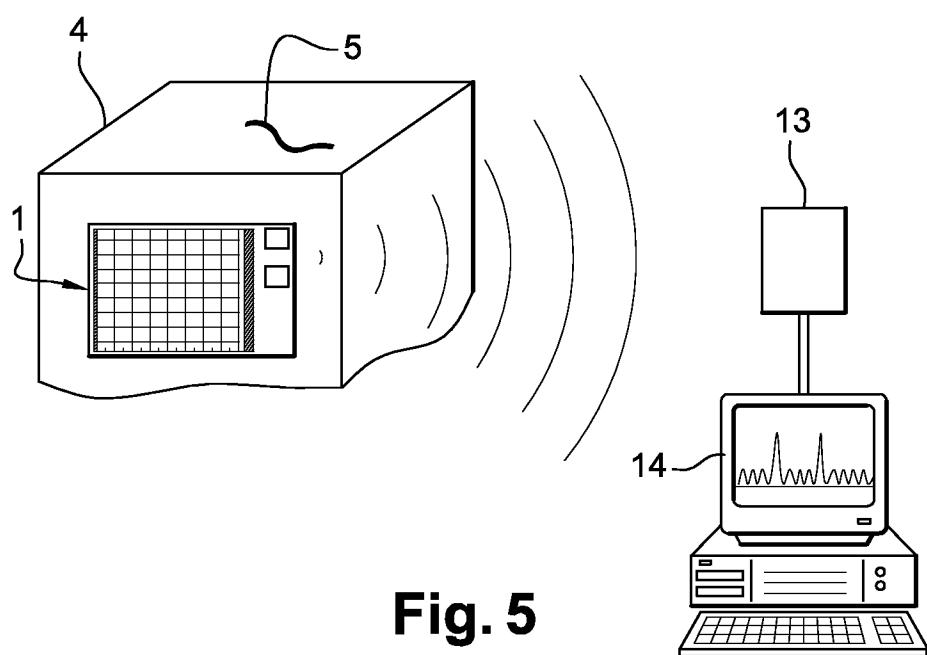
5 26 – Dispositif de contrôle selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'épaisseur dudit dispositif de contrôle (1) est inférieure ou égale à 50 µm.

10 27 - Dispositif de contrôle selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit support souple (2) du dispositif de contrôle (1) est fixé sur la surface de la pièce (4) à contrôler au moyen d'un matériau adhésif.

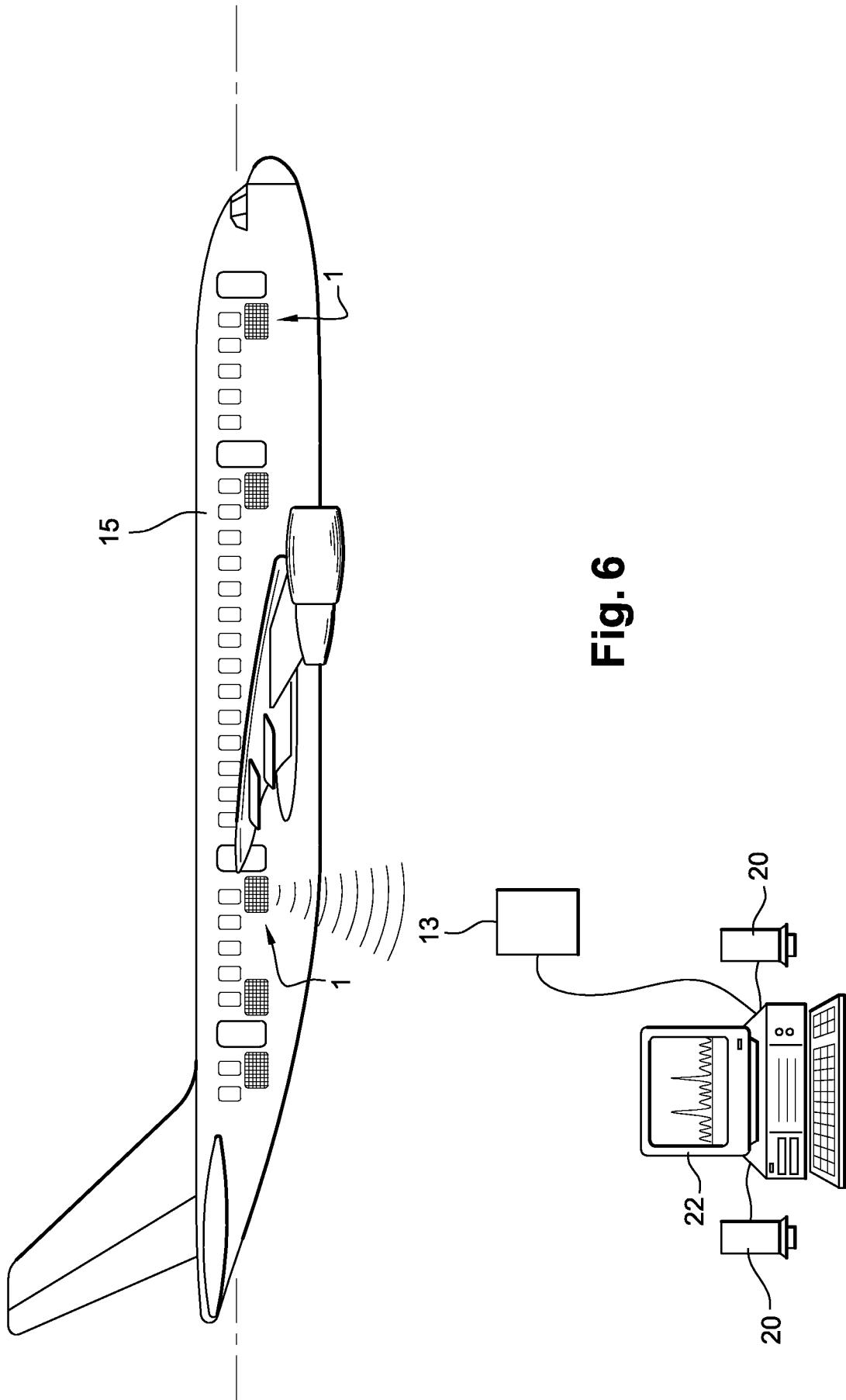
15 28 –Dispositif de contrôle selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits microcapteurs (3, 6) sont directement intégrés dans une couche de revêtement destinée à venir couvrir une surface de la pièce à contrôler.



2 / 3

**Fig. 4****Fig. 5**

3 / 3

**Fig. 6**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2007/054762

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER	INV. G01N25/72	G01N21/88	G01K7/00	G01K1/14	H01L27/146
-------------------------------------	----------------	-----------	----------	----------	------------

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)  
G01N G01K H01L 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 practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 433 637 A (BUIRLEY WILLIAM L [US] ET AL) 28 February 1984 (1984-02-28) column 1, lines 17-27,41,42,62-65	1-3,9
A	column 4, lines 24-27,57-68 column 5, line 65 - column 6, line 2 -----	4-8, 10-28
X	US 3 511 086 A (WOODMANSEE WAYNE) 12 May 1970 (1970-05-12) column 1, lines 13-40 column 5, lines 23,24,50-56 -----	1-3
A		4-28
		-/-

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

3 August 2007

Date of mailing of the international search report

14/08/2007

Name and mailing address of the ISA/  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Filipas, Alin

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2007/054762
---

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 077 228 A (SCHONBERGER MILTON [US]) 20 June 2000 (2000-06-20) column 2, lines 48-59	1-3, 9, 13, 14, 27
A	column 5, line 63 - column 6, line 41 abstract -----	4-8, 10-12, 15-26, 28
X	US 3 970 074 A (MOGOS ION ET AL) 20 July 1976 (1976-07-20)	1-4, 9
A	column 3, line 3 - column 4, line 36 -----	5-8, 10-28
X	US 2003/031296 A1 (HOHEISEL MARTIN [DE]) 13 February 2003 (2003-02-13)	1-4, 9
A	paragraphs [0010], [0011], [0019] -----	5-8, 10-28
X	EP 0 672 380 A (EUROPIANA S R L [IT]) 20 September 1995 (1995-09-20)	1-4, 9, 13, 14
A	column 2, line 30 - column 4, line 4 -----	5-8, 10-12, 15-28
A	DE 42 20 544 A1 (WOELFEL HORST PROF DR ING [DE] WOELFEL HORST [DE]) 5 January 1994 (1994-01-05) column 1, lines 3-38 column 3, lines 57-59 claims 1, 2, 6, 7 -----	1, 6, 27
A	FR 2 836 994 A1 (AIRBUS FRANCE [FR]) 12 September 2003 (2003-09-12) abstract page 12, line 29 - page 13, line 2 -----	1, 9, 13, 14
A	EP 0 245 147 A (THOMSON CSF [FR]) 11 November 1987 (1987-11-11) column 1, lines 7-31 -----	1-4

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No PCT/EP2007/054762	
---	--

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 4433637	A	28-02-1984	NONE		
US 3511086	A	12-05-1970	NONE		
US 6077228	A	20-06-2000	NONE		
US 3970074	A	20-07-1976	NONE		
US 2003031296	A1	13-02-2003	DE 10136756 A1		13-02-2003
			JP 2003070776 A		11-03-2003
EP 0672380	A	20-09-1995	IT B0940104 A1		15-09-1995
DE 4220544	A1	05-01-1994	NONE		
FR 2836994	A1	12-09-2003	CA 2419835 A1		05-09-2003
			EP 1351051 A1		08-10-2003
			US 2004037389 A1		26-02-2004
			ZA 200301685 A		05-09-2003
EP 0245147	A	11-11-1987	FR 2598250 A1		06-11-1987
			JP 63026592 A		04-02-1988
			US 4810881 A		07-03-1989

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale n°  
PCT/EP2007/054762

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
INV. G01N25/72 G01N21/88 G01K7/00 G01K1/14 H01L27/146

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)

G01N G01K H01L 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, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 4 433 637 A (BURLEY WILLIAM L [US] ET AL) 28 février 1984 (1984-02-28) colonne 1, ligne 17-27,41,42,62-65	1-3,9
A	colonne 4, ligne 24-27,57-68 colonne 5, ligne 65 – colonne 6, ligne 2 -----	4-8, 10-28
X	US 3 511 086 A (WOODMANSEE WAYNE) 12 mai 1970 (1970-05-12) colonne 1, ligne 13-40 colonne 5, ligne 23,24,50-56 -----	1-3
A	----- -/-	4-28

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 Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

3 août 2007

14/08/2007

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, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Filipas, Alin

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°  
PCT/EP2007/054762

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X A	US 6 077 228 A (SCHONBERGER MILTON [US]) 20 juin 2000 (2000-06-20) colonne 2, ligne 48-59  colonne 5, ligne 63 - colonne 6, ligne 41 abrégé -----	1-3, 9, 13, 14, 27 4-8, 10-12, 15-26, 28
X A	US 3 970 074 A (MOGOS ION ET AL) 20 juillet 1976 (1976-07-20) colonne 3, ligne 3 - colonne 4, ligne 36 -----	1-4, 9 5-8, 10-28
X A	US 2003/031296 A1 (HOHEISEL MARTIN [DE]) 13 février 2003 (2003-02-13) alinéas [0010], [0011], [0019] -----	1-4, 9 5-8, 10-28
X A	EP 0 672 380 A (EUROPIANA S R L [IT]) 20 septembre 1995 (1995-09-20) colonne 2, ligne 30 - colonne 4, ligne 4 -----	1-4, 9, 13, 14 5-8, 10-12, 15-28
A	DE 42 20 544 A1 (WOELFEL HORST PROF DR ING [DE] WOELFEL HORST [DE]) 5 janvier 1994 (1994-01-05) colonne 1, ligne 3-38 colonne 3, ligne 57-59 revendications 1,2,6,7 -----	1, 6, 27
A	FR 2 836 994 A1 (AIRBUS FRANCE [FR]) 12 septembre 2003 (2003-09-12) abrégé page 12, ligne 29 - page 13, ligne 2 -----	1, 9, 13, 14
A	EP 0 245 147 A (THOMSON CSF [FR]) 11 novembre 1987 (1987-11-11) colonne 1, ligne 7-31 -----	1-4

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2007/054762

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4433637 A	28-02-1984	AUCUN	
US 3511086 A	12-05-1970	AUCUN	
US 6077228 A	20-06-2000	AUCUN	
US 3970074 A	20-07-1976	AUCUN	
US 2003031296 A1	13-02-2003	DE 10136756 A1 JP 2003070776 A	13-02-2003 11-03-2003
EP 0672380 A	20-09-1995	IT B0940104 A1	15-09-1995
DE 4220544 A1	05-01-1994	AUCUN	
FR 2836994 A1	12-09-2003	CA 2419835 A1 EP 1351051 A1 US 2004037389 A1 ZA 200301685 A	05-09-2003 08-10-2003 26-02-2004 05-09-2003
EP 0245147 A	11-11-1987	FR 2598250 A1 JP 63026592 A US 4810881 A	06-11-1987 04-02-1988 07-03-1989